

Caroline Gobbo Sá Cavalcante

**ADAPTAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal de
Santa Catarina para a obtenção do
Grau de mestre em Engenharia de
Produção
Orientador: Prof. Dr. Diego de Castro
Fettermann

Florianópolis
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Sá Cavalcante, Caroline Gobbo
ADAPTAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS /
Caroline Gobbo Sá Cavalcante ; orientador, Diego
De Castro Fettermann, 2019.
153 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção, Florianópolis,
2019.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção. 2. internet das
coisas, iot, desenvolvimento de produto, medidor
inteligente. I. De Castro Fettermann, Diego . II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção. III. Título.

Caroline Gobbo Sá Cavalcante

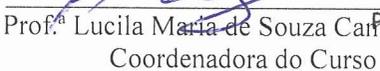
**ADAPTAÇÃO DO PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE
PRODUTOS NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de
“Mestre em Engenharia de Produção” e aprovada em sua forma final
pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção

Florianópolis, 20 de fevereiro de 2019.

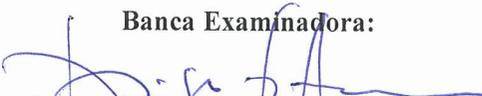


Prof. Antonio Cezar Bornia, Dr.
Subcoordenador
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção
PPGEP/CTC/UFSC



Prof.ª Lucila Maria de Souza Campos, Dr.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:



Prof. Diego de Castro Fettermann, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina



Prof. Néstor Fabián Ayala, Dr
Universidade Federal do Rio Grande do Sul



Prof. Ricardo Faria Giglio, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por sua fidelidade sem fim. Muito obrigada por me sustentar em todos os momentos e manter a minha fé inabalável. Agradeço também aos meus queridos pais, Ana Lucia e Alberto, que não mediram esforços na minha formação educacional e cívica. Sou grata por serem minha fortaleza em todos os momentos e pelo amor incondicional. Além disso, gostaria de agradecer aos meus irmãos, Ludmilla e Matheus, pelo companheirismo e pelos incentivos ao longo dessa jornada.

Ao meu namorado, Afrânio, meu companheiro de todas as horas e maior incentivador. Foi ele quem despertou em mim o interesse de fazer o mestrado. Obrigada por contribuir diariamente para que eu cresça pessoalmente e profissionalmente. Agradeço também à minha sogra, Soninha, por ser minha amiga, confidente e apoiadora. Muito obrigada, sem vocês eu não teria chegado até aqui.

Ao Prof Diego Fettermann, meu orientador, que me ensinou tanto ao longo desses dois anos. Obrigada por se importar de fato com os seus alunos, por ser paciente, presente e por contribuir com o nosso trabalho. Tenho muita admiração e gratidão por você.

A todos os colegas e amigos que fiz na UFSC. Agradeço, em especial, a Tatiana Almeida (Tati) que foi minha amiga e parceria durante todo o mestrado, pelo apoio emocional e profissional. A amiga Camila Mattos (Mila), que me ajudou em tantos momentos, me orientando na dissertação e tornando a minha vida mais leve. Ao João, meu amigo querido, confidente, que contribuiu tanto para este trabalho. A Edna Gessner, minha musa inspiradora. Ao Luiz Calegari, que deixou um legado em termos de conhecimento em algumas das áreas trabalhadas nessa dissertação. Ao Giuliano, por toda ajuda técnica dedicada a este trabalho. Aos amigos, Jadson e Danieli Vargas (Dani), pela convivência e aprendizados. Aos recém-chegados, Najla, Ana Paula e Matheus, que já moram no meu coração. As duas intercâmbistas, Carolina (mexicana) e Laura (holandesa) que me proporcionaram momentos únicos e trocas de carinho e aprendizado. As minhas amigas, Lucia, Laís e Regina, que mesmo distantes fizeram parte da minha história. Aos meus colegas de laboratório Gabriela e Gabriel.

A todos meus amigos que mesmo de longe, sempre me apoiam, me escutam e me incentivam. Em especial, Lara Venturini, Ana Haguét, Mariana Cintra, Lívia Freitas, Marcela Medeiros, Julia Rodrigues, Luciano Dortas, Gregory Bitti e Thiago Machado. Que eu continue com o privilégio de compartilhar minha vida com vocês.

“A tarefa não é tanto ver aquilo que ninguém viu, mas pensar o que ninguém ainda pensou sobre aquilo que todo mundo vê.” (Arthur Schopenhauer).

RESUMO

A incorporação das tecnologias da Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) possibilita aos produtos novas funcionalidades transformando-os em “produtos inteligentes”. A literatura destaca a necessidade de adaptações no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) para o desenvolvimento de produtos com este tipo de tecnologia. A revisão de literatura apresenta que o conteúdo destas adaptações do PDP tradicional para o desenvolvimento de produtos inteligentes encontra-se disperso em diversas áreas do conhecimento. Estas adaptações são apresentadas na forma de recomendações, as quais estão concentradas em atividades específicas do PDP e em aspectos técnicos da aplicação das tecnologias IoT. Entre as oportunidades apresentadas pela literatura para aplicação dessas tecnologias está o desenvolvimento de medidores inteligentes residenciais. Apesar disso, poucos estudos nessa área buscam entender as configurações mais apropriadas dos medidores inteligentes para satisfazer as necessidades do cliente. Nesse sentido, o objetivo desse trabalho é organizar as recomendações dispersas na literatura para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT e posteriormente propor a configuração de um medidor inteligente residencial. Primeiramente é realizada uma revisão de literatura que identificou 1627 recomendações para o PDP direcionado ao desenvolvimento de produtos inteligentes. Estas recomendações estão concentradas na fase de acompanhamento do produto (31,9%) em razão do monitoramento possibilitada pelas tecnologias IoT. Diante da grande quantidade de alternativas disponibilizadas por essas tecnologias também foi identificada como lacuna de pesquisa o levantamento de requisitos do cliente para o desenvolvimento de produtos inteligentes, assim como sua aplicação no desenvolvimento de medidores inteligentes. Assim, é realizada uma pesquisa de mercado no sul do Brasil para definir a configuração que atende aos requisitos dos clientes para medidores inteligentes. Os resultados indicam a importância dada pelos consumidores da amostra para o monitoramento residencial de energia e água, e o uso de aplicativo para obter informações e dicas de consumo. Os resultados também indicam que segmentos de clientes residentes em habitações maiores e mais caras, tais como casas, estão mais interessados no monitoramento de energia, enquanto que o interesse no controle de água cresce com o aumento do valor da fatura desse recurso.

Palavras-chave: Internet das Coisas. IoT. Desenvolvimento de produto. Medidor inteligente.

ABSTRACT

The incorporation of the Internet of Things (IoT) technologies enables products with new features, thus turning them into "smart products." The literature highlights the need for adaptations in the Process of New Product Development Process (NPD) for the development of products with this type of technology. The literature review shows that the content necessary to adapt traditional NPD and to develop smart products is dispersed in several areas of knowledge. These adaptations are presented in the form of recommendations, which are focused on specific activities of the NPD and technical aspects of IoT technologies applications. Among the opportunities presented by the literature for these applications is the development household smart meters. Despite this, few studies in this area seek to understand the most appropriate configurations of smart meters to meet customer needs. In this regard, the objective of this work is to organize the recommendations dispersed in the literature for the development of products with IoT technologies and later propose the configuration of a smart household meter. First, a literature review was carried out that identified 1627 recommendations for NPD directed to the development of intelligent products. These recommendations are concentrated in the product monitoring phase (31.9%) due to the possibility of adaptations by the IoT technologies. Because of a large number of alternatives made available by these technologies, it was also identified as a research gap the customer requirements for the development of smart products, as well as their application in smart meters development. Therefore, market research is conducted in Southern Brazil to define the configuration that meets the customers' requirements for smart meters. The results indicate the importance given by the sample consumers to the residential monitoring of energy and water, and the use of the application for information and consumption tips. The results also indicate that customers segmentation who reside in larger, more expensive homes, such as homes, are more interested in energy monitoring, while interest in water control increases with the increase in the billing amount of this resource.

Keywords: Internet of Things. IoT. Product development. Smart meter.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 - Datas de publicação dos 103 artigos de periódicos da revisão.	49
Figura 3.2 - Quantidade de publicações do portfólio de revisão por autor.	54
Figura 3.3 - Porcentagem de recomendações por macro fase.	57
Figura 3.4 - Porcentagem de recomendações por fase.	58
Figura 3.5 - Artigos com maior quantidade de recomendações.	59
Figura 3.6 - Principais recomendações para o PDP IoT.....	68
Figura 4.1 - Arquitetura do medidor inteligente proposto.....	82
Figura 4.2 - Representação do conjunto de escolha.	88
Figura 4.3 - Curva ROC para o modelo de regressão logística.	92
Figura 4.4 - Curvas ROC para Residencial A e Residencial B.	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Relação das fases e etapas na condução do método de pesquisa com os objetivos específicos e os artigos.	34
Quadro 2.2 - Palavras-chave usadas na busca da revisão sistemática de literatura.	35
Quadro 3.1 - Resultados para primeira etapa de busca da revisão sistemática de literatura.	42
Quadro 3.2 - Palavra-chave usadas na 2 ^a etapa de busca da revisão sistemática de literatura.	43
Quadro 3.3 - Artigos analisados categorizados conforme áreas das recomendações.	55
Quadro 4.1 - Fatores que interferem nas economias a partir de medidores inteligentes.	76
Quadro 4.2 - Variáveis consideradas para a segmentação de mercado.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Etapas do processo de revisão sistemática de literatura. ...	43
Tabela 3.2 - Classificação dos 103 artigos publicados em periódicos analisados na revisão.....	45
Tabela 3.3 - Quantidade de artigos da revisão publicados em cada periódico.....	52
Tabela 3.4 - Quantidade de artigos da revisão publicados em cada conferência.....	53
Tabela 3.5 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.	60
Tabela 3.6 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.	62
Tabela 3.7 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.	67
Tabela 4.1 - Resultados de economias obtidas após a implantação de medidores inteligentes.....	77
Tabela 4.2 - Atributos e variáveis moderadoras consideradas na pesquisa.	87
Tabela 4.3 - Características dos respondentes da pesquisa do Estudo 1.	90
Tabela 4.4 - Estimação dos parâmetros do modelo de regressão logística.	91
Tabela 4.5 - Informações sobre a área abaixo da curva.....	92
Tabela 4.6 - Características dos respondentes da pesquisa do Estudo 2	99
Tabela 4.7 - Análise descritiva dos clusters 1 e 2.....	101
Tabela 4.8 - Variáveis da equação do modelo para os segmentos Residenciais A e B.	102
Tabela 4.9 - Informações sobre áreas abaixo das curvas.....	103

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIC – *Akaike's Information Criterion*
BIC – *Bayesian Information Criterion*
CA – *Conjoint Analysis*
CACB – *Conjoint Analysis Choice-Based*
CAIC – *Consistent Akaike's Information Criterion*
CPS – *Cyber Physical Systems*
EPC – *Electronic Product Code*
ERP – *Enterprise Resource Planning*
IEEE – *Institute of Electrical and Electronic Engineers*
IP – *Internet Protocol*
IoT – *Internet of Things*
ISPIM – *The International Society for Professional Innovation Management*
JCR – *Journal Citation Reports*
PDP – *Processo de Desenvolvimento de Produto*
PDP IoT – *Processo de Desenvolvimento de Produto orientados à produtos inteligentes*
PSS – *Product Service Systems*
RFID – *Radio-Frequency Identification*
ROC – *Receiver Operating Characteristic*
SC – *Santa Catarina*
SJR – *Scientific Journal Rankings*
SRSC – *Cadeia de Suprimentos Reversa Inteligente*
SSC – *Sistemas, Subsistemas e Componentes*
TI – *Tecnologia da Informação*
UIT – *União Internacional de Telecomunicações*
WOS – *Web of Science*
WSN – *Wireless Sensor Network*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	27
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	27
1.2	JUSTIFICATIVA DA RELEVÂNCIA DO ESTUDO	29
1.3	OBJETIVOS	31
1.4	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	31
2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E MÉTODO DE PESQUISA.....	33
2.1	FASE I – ANÁLISE DE LITERATURA	35
2.2	FASE II – CONFIGURAÇÃO DO MEDIDOR INTELIGENTE.....	36
2.3	FASE III – SEGMENTAÇÃO DE MERCADO DO MEDIDOR INTELIGENTE	37
3	RECOMENDAÇÕES PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM TECNOLOGIA IOT: UMA REVISÃO DE LITERATURA	39
3.1	INTRODUÇÃO	39
3.2	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	41
3.3	RESULTADOS.....	44
3.3.1	Análise Bibliométrica.....	44
3.3.2	Análise de Conteúdo	54
3.3.2.1	Recomendações.....	57
3.3.2.2	Recomendações para a Macro fase Pré-desenvolvimento.....	59
3.3.2.3	Recomendações para a Macrofase Desenvolvimento	61
3.3.2.4	Recomendações para a Macro fase de Pós-desenvolvimento.....	66
3.3.2.5	Compilação das Principais Atividades Recomendadas.....	68
3.4	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	69
4	DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS: O CASO DO MEDIDOR INTELIGENTE.....	71
4.1	INTRODUÇÃO	71

4.2	REFERENCIAL TEÓRICO	75
4.2.1	Economia – Eletricidade, Água e Gás	75
4.2.2	<i>Feedback</i> associado a medidores inteligentes	79
4.2.3	Arquitetura do Medidor Inteligente.....	81
4.3	METODOLOGIA	82
4.3.1	Análise Conjunta.....	83
4.3.2	Atributos e Variáveis Moderadoras	83
4.3.2.1	Eletricidade, Água e Gás	83
4.3.2.2	<i>In-home display</i> e Aplicativo para dispositivos móveis.....	84
4.3.2.3	Preço	85
4.3.2.4	Variáveis Moderadoras	86
4.3.3	Planejamento de Cenários.....	86
4.3.4	Análise de Dados	88
4.4	ESTUDO 1: CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS MEDIDORES INTELIGENTES	89
4.4.1	Amostra e coleta de dados.....	89
4.4.2	Estimação do Modelo.....	90
4.4.3	Resultados do Estudo 1.....	91
4.4.3.1	Estimação do modelo de regressão logística.....	91
4.4.3.2	Efeitos Principais	92
4.4.3.3	Efeitos das Interações	93
4.4.3.4	Discussão Estudo 1	94
4.5	ESTUDO 2: SEGMENTAÇÃO DE MERCADO PARA MEDIDORES INTELIGENTES	97
4.5.1	Segmentação de mercado	97
4.5.2	Amostra e coleta de dados.....	99
4.5.3	Estimação do modelo	100
4.5.4	Resultados do Estudo.....	100
4.5.4.1	Segmentação de mercado.....	100

4.5.4.2	Estimação do modelo de regressão logística.....	101
4.5.4.3	Efeitos principais para os segmentos de mercado.....	103
4.5.4.4	Efeitos das interações para os segmentos de mercado	104
4.5.4.5	Discussão do Estudo 2	104
4.6	CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO.....	106
5	CONCLUSÕES E OPORTUNIDADES DE PESQUISA 108	
6	REFERÊNCIAS.....	112
	APÊNDICE A – Artigos resultantes da dissertação.....	136
	APÊNDICE B – Outras submissões realizadas durante a confecção da dissertação.....	137
	APÊNDICE C – Preços de cada configuração do medidor inteligente.....	140
	APÊNDICE D – Delineamento Experimental	148

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) inaugura uma nova era de conectividade entre os objetos, pessoas e o meio ambiente (TAO *et al.*, 2016). Este cenário é caracterizado por dispositivos conectados por meio de tecnologias de rede (MIHOVSKA; SARKAR, 2018), com uma previsão de atingir 20 bilhões de dispositivos conectados até o ano de 2020 (RIVERA; VAN DER MEULEN, 2014). Estes dispositivos têm por característica incorporar tecnologias IoT para comunicar, armazenar e interagir com o ambiente por meio da Internet. Neste ambiente, o termo ‘coisa’ considera qualquer objeto endereçado por um IP (*Internet Protocol*) capaz de transferir dados na rede (PWC, 2017).

O conceito Internet das Coisas foi utilizado pela primeira vez, em 1999, por Kevin Ashton (NG; WAKENSHAW, 2017). Inicialmente, o termo IoT estava associado ao uso da tecnologia de Identificação por RFID (*Radio Frequency IDentification*), destinada ao rastreamento de objetos (SARMA *et al.*, 2000; TAO *et al.*, 2016). Com o passar do tempo, o significado e a aplicabilidade da IoT evoluem e passam a abranger objetos físicos que possuem sistemas incorporados, tais como dispositivos elétricos, mecânicos, de computação e de comunicação (THAMES; SCHAEFER, 2016). De acordo com a União Internacional de Telecomunicações (UIT), a implementação de soluções IoT deve considerar a conectividade e a incorporação de inteligência aos objetos (MEJTOFT, 2011). A integração de inteligência às ‘coisas’ ocorre por meio da integração de tecnologias, ou seja, componentes inteligentes como sensores, microprocessadores entre outros, e componentes de conectividade como portas, antenas e protocolos (PORTER; HEPPELMANN, 2014; WIELKI, 2017).

As soluções IoT estão associadas ao crescente nível de conectividade e de inteligência embarcada em dispositivos, objetos e sistemas, e o que impulsiona o aumento do número de dados gerados (VERMESAN *et al.*, 2011). Os dados de uso dos produtos podem ser combinados com informações de outros dispositivos, o que permite agregar conhecimento e valor tanto para o usuário quanto para a empresa (PORTER; HEPPELMANN, 2015). Entre as vantagens está a possibilidade de comunicação entre dispositivos conectados, capazes de se integrarem com sistemas de estoque gerenciados por fornecedores, sistemas de suporte ao cliente, aplicativos de *business intelligence* e sistemas de análise de negócios (LEE; LEE, 2015). Após o

processamento, os dados obtidos podem ser utilizados para promover melhorias nos produtos e serviços ao longo dos seus ciclos de vida (BRADLEY *et al.*, 2017).

Com a integração de tecnologias IoT, os produtos de consumo tradicionais podem ser transformados em produtos inteligentes (*intelligent product*) (MEYER *et al.*, 2009; KIRITSIS, 2011; EL HAOUZI *et al.*, 2013; CAPUTO *et al.*, 2016). Este novo contexto de comunicação e conectividade dos produtos inteligentes exige uma nova visão para o desenvolvimento de produtos com essas características (NYMAN *et al.*, 2008; MEHRSAI *et al.*, 2014; HOLLER *et al.*, 2016). Para que seja possível atingir plenamente as possibilidades tecnológicas da IoT nos produtos é fundamental que se considere no Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) as novas funcionalidades dos produtos inteligentes (NAMBISAN, 2013). Portanto, é necessário prever e analisar, durante todas as etapas do PDP, as possíveis alterações que a incorporação de tecnologias IoT e suas funcionalidades podem gerar impacto na execução das atividades (HOLLER *et al.*, 2016).

Um aspecto do desenvolvimento de produtos que deve ser considerado são as mudanças geradas pelos produtos inteligentes no relacionamento da empresa com o cliente em todas as etapas da cadeia de valor (KUBLER *et al.*, 2015c; TAO *et al.*, 2016; LYU *et al.*, 2017). Ao coletar dados de uso do produto, as empresas podem usá-los para entender e prever futuros comportamentos e melhorar experiências do usuário, bem como identificar funcionalidades para o desenvolvimento de novos produtos (NYMAN *et al.*, 2008; KUBLER *et al.*, 2015b; DOMINICI *et al.*, 2016; ZHOU *et al.*, 2017). Assim, a disponibilidade e análise dos dados permite o desenvolvimento e a comercialização de produtos e serviços mais inovadores (MAHRSAI, 2014).

Algumas empresas como o *Google*, *Apple* (MANI; CHOUK, 2017), *General Electric* e *FedEx* (LEE; LEE, 2015) já desenvolvem e comercializam produtos inteligentes. Atualmente, são registradas aplicações em produtos para o reconhecimento facial; uso de aplicativos para dispositivos móveis capazes de personalizar automóveis; aplicativos customizados voltados ao varejo, como é o caso da americana *Macy's* (LEE; LEE, 2015). Uma importante aplicação das tecnologias IoT é verificada nos medidores inteligentes residenciais (DARBY, 2006; MOGLES *et al.*, 2017). Esses medidores têm um papel chave para implantação das redes inteligentes (*smart grid*) (GIORDANO; FULLI, 2012). Nos sistemas formados por redes inteligentes, ou seja, redes elétricas complexas e auto equilibradas, as casas inteligentes são equipadas com medidores inteligentes que apresentam capacidade de

comunicação bidirecional (VERBONG *et al.*, 2013). Conseqüentemente a partir da medição inteligente, recursos, como energia elétrica, são monitorados e relatórios de consumo gerados. Assim é possível se obter um equilíbrio da demanda e da oferta de energia (GIORDANO; FULLI, 2012), além da redução de emissões de carbono (DARBY, 2010).

1.2 JUSTIFICATIVA DA RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O Processo de Desenvolvimento de Produto é realizado por meio de uma seqüência de atividades, cujo objetivo é a concepção, a projeção e a comercialização do mesmo (ULRICH; EPPINGER, 2011). Desta forma, a partir das necessidades do mercado, das possibilidades e das restrições tecnológicas, assim como das estratégias competitivas, busca-se obter as especificações de projeto de um produto para que a manufatura seja capaz de produzi-lo (ROZENFELD *et al.*, 2016). Tradicionalmente, os modelos de Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) (*e.g.*, BAXTER, 2000; PAHL *et al.*, 2005; ULRICH; EPPINGER, 2011) estão restritos às atividades realizadas até o momento de lançamento no mercado. Uma extensão desta proposta é a incorporação do acompanhamento do desempenho do produto no mercado, incluída no modelo de desenvolvimento elaborado por Rozenfeld *et al.* (2006). Não obstante, as atividades previstas neste modelo para o acompanhamento do produto no mercado ainda estão mais direcionadas ao monitoramento do seu desempenho no processo de manufatura, bem como à assistência técnica, satisfação do cliente, desempenho de vendas (ROZENFELD *et al.*, 2006).

Após análise das atividades recomendadas tradicionalmente nos modelos de PDP verifica-se uma necessidade de adaptação destas atividades para a utilização plena das possibilidades das tecnologias IoT nos produtos (PORTER; HEPPELMANN, 2015; DEUTER; RIZZO, 2016; ZHOU *et al.*, 2017). O acompanhamento do ciclo de vida do *software*, assim como o monitoramento dos dados gerados pela utilização do produto pelo usuário, são exemplos de atividades possibilitadas pela IoT mencionado por diversos autores (*e.g.*, MEYER *et al.*, 2009; KIRITSIS, 2011; ELHARIRI ESSAMLALI *et al.*, 2017). Por meio da análise desses dados é possível monitorar o desempenho e a eficácia do produto (YAN; HUANG, 2008; KUBLER *et al.*, 2015a; AL-DULAIMI; COSMAS, 2016), gerenciar a confiabilidade e a manutenção (PARRY *et al.*, 2016; TAO *et al.*, 2016; ERUVANKAI *et al.*, 2017), identificar requisitos para novos serviços (TAKENAKA *et al.*, 2016; ZANCUL *et al.*, 2016; PAGOROPOULOS *et al.*, 2017), entre outras possibilidades.

A literatura menciona que o desenvolvimento de produtos inteligentes apresenta diversas alterações nas suas atividades quando comparadas as atividades do processo de desenvolvimento tradicional (KIRITSIS, 2011; NAMBISAN, 2013; DAWID *et al.*, 2017; HOLLER *et al.*, 2017). Entretanto, apesar destas necessidades adicionais, ainda não foi possível identificar na base bibliográfica um relatório em que essas alterações sejam compiladas, combinadas e estruturadas, ou mesmo em forma de um modelo de PDP orientado à produtos inteligentes. As orientações identificadas na literatura estão direcionadas para a criação de novas atividades no PDP, assim como adaptação de atividades já previstas nos modelos de PDP (KIRITSIS, 2011; PORTER; HEPPELMANN, 2015; DAWID *et al.*, 2017). Uma vez que o processo de desenvolvimento para os produtos inteligentes não está sistematizado na literatura, torna-se imprescindível um estudo nesta direção (HOLLER *et al.*, 2016). No presente trabalho, o PDP orientados à produtos que incorporem tecnologias IoT será denominado PDP IoT.

A abordagem sobre as implicações causadas pelos produtos e serviços IoT em relação à gestão do desenvolvimento de produtos e às mudanças resultantes em toda a cadeia de valor ainda é incipiente na literatura (HOLLER *et al.*, 2016; GOLOVATCHEV *et al.*, 2016). A maior parte da literatura disponível sobre o tema apresenta contribuições para o PDP IoT em áreas ou atividades restritas do processo e ainda concentrada nos aspectos técnicos da tecnologia, principalmente no desenvolvimento das tecnologias de comunicação para os dispositivos IoT (RAHMAN; SHAH, 2016; ERUVANKAI *et al.*, 2017). Um tema muito reportado na literatura são as mudanças na indústria devido a incorporação das tecnologias IoT no processo de manufatura a fim de otimizar os recursos de produção (LEE *et al.*, 2013; BRADLEY *et al.*, 2017).

Todavia se observa a escassez de conteúdo ao que se refere às diferentes funcionalidades dos produtos com a incorporação das tecnologias IoT e a percepção de valor agregado para o consumidor final (HËMILA, 2015; MANI; CHOUK, 2017). Entre as diversas aplicações dos produtos inteligentes estão os medidores inteligentes residências, cujas pesquisas sobre este tema enfocam principalmente aspectos do comportamento do usuário em relação ao medidor inteligente (*e.g.* BONINO *et al.*, 2012; VASSILEVA *et al.*, 2012; GANS *et al.*, 2013) e engenharia do dispositivo (KAUFMANN *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017). O uso de medidores inteligentes é mencionado como uma maneira de ajudar as pessoas a controlar e reduzir o consumo de recursos

domésticos, como energia, água e gás (GERPOTT; PAUKERT, 2013; DAVIES *et al.*, 2014; LIU; MUKHEIBIR, 2018).

Neste estudo, os medidores inteligentes serão considerados aqueles que incorporam tecnologias IoT, que fornecem análise em tempo real e combinação de consumo de dados e, posteriormente, permitem um *feedback* mais organizado e personalizado para os usuários (LIU *et al.*, 2016). A informação adquirida por meio da aplicação das tecnologias IoT tem o potencial de permitir grandes combinações de funções do produto (TSENG *et al.*, 2010; TAKENAKA; IDA, 2013). Sendo assim, serão apresentadas diferentes configurações para o medidor inteligente para que o cliente escolha a que melhor atenda suas necessidades. A literatura indica a falta de estudos sobre a possibilidade de integração da mensuração dos diversos recursos domésticos utilizados nas residências (*e.g.* ALAHMAD *et al.*, 2012; LLORET *et al.*, 2016). Seguindo esta lacuna, este estudo considera a configuração de dispositivo para o monitoramento integrado de três recursos utilizados em residências no país, energia, água e gás.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é organizar as recomendações dispersas na literatura para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT e posteriormente propor a configuração de um medidor inteligente residencial. A partir disso, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Mapear o estado da arte sobre as atividades recomendadas para o desenvolvimento de produtos inteligentes;
- Propor a configuração de um medidor inteligente de acordo com as preferências dos clientes;
- Identificar a configuração dos medidores inteligentes para diferentes segmentos de mercado.

1.4 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Após uma extensa pesquisa bibliográfica foi possível observar que atualmente não se encontra disponível na literatura um modelo estruturado de referência de PDP para o desenvolvimento de produtos inteligentes. Vale ressaltar que grande parte das recomendações identificadas para o desenvolvimento de produto inteligente encontra-se de forma pouco detalhada e em sua maioria não está associada a gestão

do desenvolvimento de produto. Desta forma, foi necessária uma análise das propostas dos autores a respeito das orientações para o desenvolvimento de produto e uma classificação específica das informações obtidas no processo de desenvolvimento. É importante considerar que, por tratar-se de um trabalho que conta com poucos precedentes, a classificação e as análises dos resultados obtidos podem apresentar diversidades de entendimentos dependendo do pesquisador.

A metodologia utilizada no presente trabalho baseia-se no modelo de PDP proposto por Rozenfeld *et al.* (2006), aplicado como referência de comparação. Esta escolha deve-se ao fato de que este modelo apresenta um maior detalhamento das fases e atividades propostas, se comparado aos demais modelos disponíveis na literatura, como Baxter (2000), Pahl *et al.* (2005), Ulrich e Eppinger (2011). Mesmo assim, as recomendações para o PDP IoT apresentadas neste trabalho também podem ser adaptadas e interpretadas de acordo com as fases e atividades propostas por outros modelos de referência do PDP (*i.e.*, BAXTER, 2000; PAHL *et al.*, 2005; ULRICH; EPPINGER, 2011), embora também se considere que o modelo proposto por Rozenfeld *et al.* (2006) poderá ser utilizado neste trabalho como um material de apoio e comparação.

O foco principal do trabalho está restrito ao desenvolvimento de produtos. Apesar da literatura indicar a importância da inclusão dos serviços associados aos produtos inteligentes, os temas voltados ao desenvolvimento de serviços e PSS (*Product Service System*) foram abordados superficialmente nesta dissertação.

Uma outra limitação deste trabalho refere-se ao procedimento de amostragem realizado na pesquisa quantitativa. Ao total foram registrados 277 respondentes nos Estudos 1 e 2. A primeira etapa da pesquisa de mercado aplicada neste projeto aconteceu na Grande Florianópolis, já a segunda etapa se estendeu para todo Estado de Santa Catarina. Em ambos estudos não foi possível garantir um procedimento de amostragem mais rígido, sendo que a generalização dos resultados deve ser realizada considerando as limitações registradas no processo de amostragem. A divulgação da pesquisa foi realizada nas redes sociais e ficou disponível durante dois meses ao total, um mês para cada estudo. Não houve uma limitação quanto ao perfil de respondentes, além de não haver qualquer estímulo financeiro para os respondentes.

2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO E MÉTODO DE PESQUISA

Esta dissertação foi desenvolvida seguindo o formato de coletânea de artigos. Sendo assim, este trabalho se baseia em artigos que fazem parte da dissertação da candidata e que cumprem os requisitos da resolução 002/PPGEP/2018¹ do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da UFSC. O Apêndice A apresenta a primeira página ou título de cada artigo contido nesta dissertação e em que periódico em que foi ou será submetido ou publicado.

Apesar disso, os capítulos apresentados nesta dissertação são resultado de uma compilação dos diversos estudos realizados sobre o tema, não sendo uma reprodução exata do artigo submetido e/ou publicado ou a ser submetido e/ou publicado. Outros resultados associados à esta dissertação, mas que não estão incluídos diretamente neste trabalho, são apresentados no Apêndice B.

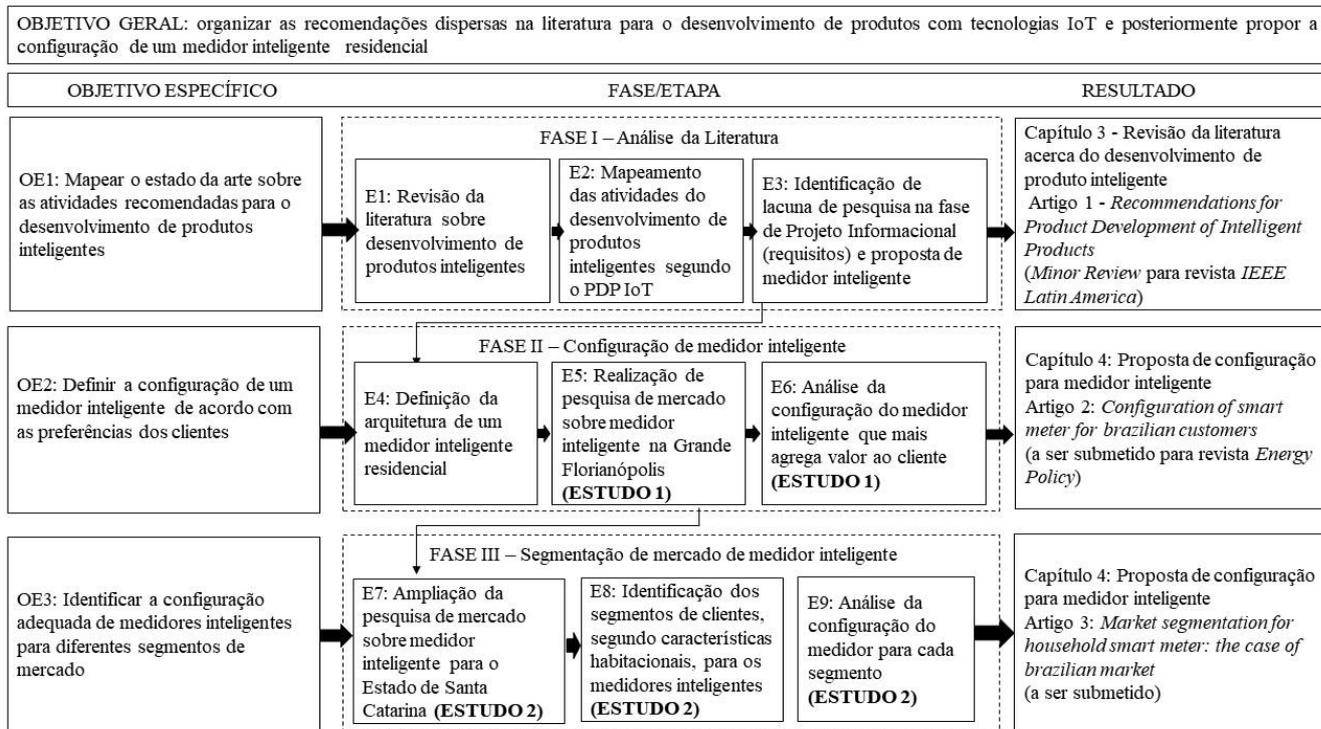
Esta dissertação está estruturada em três fases, as quais foram delimitadas pelos objetivos específicos e pelos métodos de pesquisa utilizados em cada uma das fases. Estas fases ainda foram subdivididas em nove etapas. A relação das fases da dissertação com os objetivos específicos é apresentada no Quadro 2.1.

Ao todo, esta dissertação é composta por seis capítulos. O atual capítulo apresenta as considerações iniciais, com uma breve contextualização sobre o tema. Já o segundo capítulo descreve os métodos e procedimentos de pesquisa, detalhando as fases e suas respectivas etapas no desenvolvimento da dissertação.

No capítulo 3 é conduzida uma revisão sistemática de literatura para identificar as atividades necessárias para o desenvolvimento de produtos inteligentes. O capítulo 4 apresenta os resultados de uma pesquisa de mercado para uma proposta de configuração de um medidor inteligente residencial. Esses resultados são divididos em dois estudos, Estudo 1 e Estudo 2. O primeiro estudo refere-se à uma proposta genérica de configuração para medidor inteligente focado em uma amostra concentrada em região específica do Brasil. O segundo estudo identifica as configurações do medidor inteligente de acordo com diferentes segmentos de mercado. O sexto capítulo consiste na conclusão geral sobre todas as fases deste trabalho. E por fim, são apresentadas as referências utilizadas nesta dissertação.

¹Resolução 002/PPGEP/2018, de 07/11/2018, do programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da Universidade de Santa Catarina (UFSC)

Quadro 2.1 - Relação das fases e etapas na condução do método de pesquisa com os objetivos específicos e os artigos.



Fonte: elaborado pela autora.

Para atender aos objetivos da dissertação, foram estruturadas três fases, (i) análise de literatura, (ii) configuração do medidor inteligente e (iii) segmentação de mercado para medidor inteligente, as quais serão apresentadas detalhadamente a seguir.

2.1 FASE I – ANÁLISE DE LITERATURA

A Fase I está relacionada com o objetivo específico (OE1) de mapear o estado da arte sobre as atividades recomendadas para o desenvolvimento de produtos inteligentes. Para alcançá-lo, esta fase foi dividida em três etapas (E1, E2, E3). A Etapa 1 (E1) consistiu em uma revisão sistemática de literatura para identificar as atividades recomendadas para o desenvolvimento de produtos inteligentes, segundo procedimentos proposto por Kitchenham (2004). O processo de busca foi realizado em cinco plataformas de pesquisa de publicações: *Science Direct*, *Scopus*, *Emerald Insight*, *Web of Science* (WOS) e *Proquest*, em que foram utilizadas como palavras-chaves termos relacionados à IoT combinados com termos associadas a produtos, conforme Quadro 2.2. Após a triagem a busca resultou em 149 artigos disponíveis para análise, sendo 103 artigos publicados em periódicos e 46 artigos em conferências. Ao final desta Etapa 1 foram identificadas 1627 recomendações na literatura para o desenvolvimento de produtos inteligentes.

Quadro 2.2 - Palavras-chave usadas na busca da revisão sistemática de literatura.

Pesquisa por palavras-chave		
("IoT" OR "Internet of Things" OR "Industrial IoT" OR "Industrial Internet of Things")	AND	("design product" OR "new product development" OR "product development" OR "product development process" OR "manufacturing industry" OR "smart connected product" OR "smart product" OR "intelligent product")

Fonte: elaborado pela autora.

Após a análise dos artigos do portfólio bibliográfico, seguiu-se a Etapa 2 (E2) que consiste no mapeamento das recomendações levantadas na Etapa 1, segundo as atividades do modelo de PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto) proposto por Rozenfeld *et al.* (2006). Desta forma, estruturou-se as atividades para o PDP voltado para produtos inteligentes (PDP IoT). Os resultados desta E2 permitem apontar as atividades mais relevantes e as adaptações necessárias para cada fase do desenvolvimento de produtos inteligentes. Verificou-se que a atividade

de monitoramento do desempenho do produto corresponde a 30,3% de todas recomendações da literatura para o PDP IoT, sendo a mais importante para ser implementada para auxiliar na mudança de PDP tradicional para o PDP IoT.

Na E2, além das atividades, foram levantadas práticas (ferramentas e técnicas) recomendadas para suportar a realização das atividades do PDP IoT, assim como novos conhecimentos/habilidades e requisitos de infraestrutura tecnológica para suportar o desenvolvimento. No entanto, estes resultados, apesar de compilados, não foram incluídos nesta dissertação. Esta compilação pretende ser abordada em publicações a serem desenvolvidas, conforme nas sugestões para trabalhos futuros. A Etapa 3 (E3) compreende a identificação das lacunas de pesquisa encontradas a partir dos resultados das Etapas 1 e 2. Em razão da diversidade de opções e possíveis configurações que as tecnologias viabilizam aos produtos, a literatura sobre o tema recomenda uma ênfase sobre aspectos de como realizar a identificação dos requisitos do cliente, do produto, do *software* e do serviço associado ao produto inteligente (KARKI *et al.*, 2015; YANG *et al.*, 2016). Seguindo essa lacuna de pesquisa, foi abordada esta temática para o desenvolvimento de um medidor inteligente, conforme será apresentado nas Fases II e III.

2.2 FASE II – CONFIGURAÇÃO DO MEDIDOR INTELIGENTE

A Fase II foi concebida a partir de lacuna de pesquisa encontrada na Fase I. Esta lacuna é explorada a partir da proposta de desenvolvimento de um produto inteligente, mais precisamente um medidor residencial. Assim, a Fase II está relacionada com o objetivo específico (OE2) de definir a configuração de um medidor inteligente de acordo com as preferências dos clientes. Para esse fim, esta fase foi dividida em três etapas (E4, E5, E6). Inicialmente, na Etapa 4 (E4) foi necessário definir a arquitetura do medidor, em termos de especificações técnicas e financeiras. Foi desenvolvida uma arquitetura modular para o dispositivo para monitorar o consumo de energia, água e gás em residências.

A Etapa 5 (E5) compreende a realização de pesquisa de mercado sobre o medidor inteligente aplicada na Grande Florianópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil. Para tal, foi utilizado como método de pesquisa de mercado, a Análise Conjunta Baseada em Escolhas (MAHMOODI *et al.*, 2018). Para essa pesquisa, foi desenvolvido um questionário online (LEFEVER *et al.*, 2007) utilizando a plataforma *Qualtrics*[®]. Este questionário apresenta questões relacionadas ao perfil do respondente e questões com os diferentes cenários para a escolha da melhor combinação

dos atributos do medidor, entre os quais estão inclusos, energia, água, gás, aplicativo para dispositivo móvel e preço. O questionário foi divulgado nas redes sociais e foram obtidas 202 repostas válidas.

A Etapa 6 (E6) interpreta as respostas da E5 por meio de um modelo de regressão logística (TABACHNICK; FIDELL, 2001; HAIR *et al.*, 2010). O modelo proposto é usualmente utilizado em pesquisas de análise conjunta (ASIOLI *et al.*, 2016; CALEGARI *et al.*, 2018), sendo que os parâmetros do modelo correspondem aos atributos do produto, as interações entre os atributos e com as variáveis moderadoras (ASIOLI *et al.*, 2016). No entanto, em razão da quantidade de variáveis não foi possível considerar no modelo proposto todas as variáveis coletadas na pesquisa de mercado realizada. Os resultados das Etapas 5 e 6 correspondem à primeira parte do estudo referente ao medidor inteligente, chamado de Estudo 1. Ao final deste estudo, concluiu-se que os consumidores da Grande Florianópolis estão dispostos a monitorar somente, em ordem prioritária, energia e água, por meio de um aplicativo.

2.3 FASE III – SEGMENTAÇÃO DE MERCADO DO MEDIDOR INTELIGENTE

No Estudo 1 não foram contempladas características das habitações e sua relação com o monitoramento dos recursos pelo medidor inteligente. Deste modo, essa lacuna se apresentou como uma oportunidade para um segundo estudo, denominado de Estudo 2, em que a amostra foi expandida e os parâmetros relacionados às características das habitações inclusos. Assim, a Fase III compreende o Estudo 2 e está relacionada com o objetivo específico (OE3) de identificar a configuração adequada de medidores inteligentes para diferentes segmentos de mercado. Para atingir este objetivo, esta fase foi dividida em duas etapas (E7, E8 e E9). Na Etapa 7 (E7) se ampliou a pesquisa de mercado já realizada anteriormente. No total foram obtidas 277 respostas de todo o Estado de Santa Catarina, cujos dados foram coletados com o mesmo instrumento da E5.

Em seguida, na Etapa 8 (E8) identificou-se os segmentos de clientes, segundo características habitacionais dos respondentes, seguindo um procedimento denominado de *forward post-hoc* (ACOSTA *et al.*, 2013). O termo *forward* se refere a utilização de dados externos à análise conjunta, como as informações sobre as características das residências dos respondentes. O termo *post-hoc* se refere a forma como os dados serão analisados, como técnicas de agrupamento para identificar os segmentos de mercado (ANDREWS; CURRIM, 2003). Neste trabalho

será utilizada a técnica de análise de *cluster*, largamente difundida na literatura para este objetivo (TYNAN; DRAYTON, 1987; DOLNICAR, 2002). Ao final da E8, foram identificados dois segmentos de clientes.

A Etapa 9 (E9) estima a preferência dos clientes para cada segmento de mercado identificado na E8 por meio de um modelo de regressão logística (TABACHNICK; FIDELL, 2001; HAIR *et al.*, 2010). Os resultados das Etapas 7, 8 e 9 correspondem à segunda parte do estudo referente ao medidor inteligente, chamado de Estudo 2. Os resultados também indicam que segmentos de clientes residentes em habitações maiores e mais caras, tais como casas, estão mais interessados no monitoramento de energia, enquanto que o interesse no controle de água cresce com o aumento do valor da fatura desse recurso.

3 RECOMENDAÇÕES PARA O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COM TECNOLOGIA IOT: UMA REVISÃO DE LITERATURA

3.1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (*Internet of Things* – IoT) consiste em novo paradigma tecnológico, a qual pode ser compreendida como uma rede que conecta dispositivos, “coisas”, que ao adquirem uma identidade virtual podem se comunicar por meio da Internet com usuários, sociedade e meio ambiente (VERMESAN *et al.*, 2011). A aplicação da IoT possibilita a troca de dados, a otimização dos processos e o monitoramento de dispositivos a fim de gerar benefícios para os usuários (TARKOMA; AILISTO, 2013). O valor agregado gerado para os usuários depende das mudanças nas funcionalidades dos produtos quando comparados a oferta de produtos não conectados (GERPOTT; MAY, 2016).

As tecnologias IoT tem aplicações para o uso doméstico, e também para o uso voltado para empresas e negócios (ATZORI *et al.*, 2010; HEMILÄ, 2015). Com a incorporação destas tecnologias, os novos produtos são denominados produtos inteligentes (*intelligent product*) (MEYER *et al.*, 2009; KIRITSIS, 2011; KUBLER *et al.*, 2015b). Outros termos são utilizados na literatura para este mesmo conceito, tais como, como “*smart product*” (NYMAN *et al.*, 2008; DEUTER; RIZZO, 2016), “*IoT product*” (PERERA *et al.*, 2014; GOLOVATCHEV *et al.*, 2016), “*smart and connected product*” (PORTER; HEPPELMANN, 2014; WIELKI, 2017) e “*IoT smart-connected products*” (HARMON *et al.*, 2015). Os produtos inteligentes adquirem habilidades de sensoriamento do ambiente, memória, processamento de dados, compartilhamento de informações, raciocínio e/ou atuação (KIRITSIS, 2011; DAWID *et al.*, 2017). Como resultado dessa integração, passam a gerar dados que após serem analisados permitem a comercialização de produtos e serviços mais inovadores (MEHRSAI *et al.*, 2014).

As mudanças causadas pela incorporação das tecnologias IoT se estendem por toda a cadeia de valor do produto (KUBLER *et al.*, 2015b; TAO *et al.*, 2016; LYU *et al.*, 2017). Os produtos inteligentes diferem de produtos tradicionais em relação a arquitetura (HU, 2015; THAMES; SCHAEFER, 2016), nas relações com os clientes (MEHRSAI *et al.*, 2014; PORTER; HEPPELMANN, 2015), na oferta de serviços (TAO *et al.*, 2016; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017). Essas e outras diferenças devem ser levadas em consideração no Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) (NAMBISAN, 2013). A literatura sugere a adaptação de

atividades no PDP tradicional e a incorporação de atividades não previstas anteriormente para o desenvolvimento de produtos inteligentes.

Entre as adaptações do PDP sugeridas está a incorporação da definição do escopo do *software* e dos serviços junto a definição escopo do produto (MOURTZIS; VLACHOU, 2016; SAARIKKO *et al.*, 2017), o monitoramento e análise dos dados de desempenho do produto em uso (RYMASZEWSKA *et al.*, 2017; STRANGE; ZUCHELLA, 2017), a utilização dos dados para manutenção preditiva a adaptação do processo de produção (PARRY *et al.*, 2016; TERRISSA *et al.*, 2016), entre outras. Como exemplo de nova atividade para o PDP IoT foi mencionado na fase de Projeto Informacional a inclusão da definição dos requisitos do *software* e do serviço (PERERA *et al.*, 2014; CHEN *et al.*, 2015). Apesar destas recomendações, o modelo tradicional do PDP utilizado nas empresas tende a não estar adaptado as essas novas exigências (KIRITSIS, 2011; DAWID *et al.*, 2017; HOLLER *et al.*, 2017).

A literatura apresenta escassez de evidências quanto aos estudos contendo orientações para desenvolvimento de produtos inteligentes (NAMBISAN, 2013; GOLOVATCHEV *et al.*, 2016). Em geral o tema encontra-se disperso em diferentes áreas do conhecimento (PORTER; HEPPELMANN, 2014; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017; ZHOU *et al.*, 2017). Além de estar concentrado nas especificidades e funcionamento das tecnologias IoT (SUCIU *et al.*, 2015; TAKENAKA *et al.*, 2016; ZHONG *et al.*, 2017). A maior parte dos estudos aborda superficialmente as mudanças no PDP, não sistematizando as adaptações necessárias em todo o ciclo de vida do produto inteligente (NAMBISAN, 2013).

Estima-se que até 2020, bilhões de produtos terão incorporado as tecnologias IoT em seu funcionamento (LEE; LEE, 2015). Esta projeção exige das empresas uma rápida adequação dos seus PDP para o desenvolvimento de produtos inteligentes. A ausência de definição e adaptação do PDP pode tornar o processo desestruturado e incontrollável, levando a falhas (BESSANT; FRANCIS, 1997). Portanto, este trabalho busca contribuir para esta adaptação do PDP, e por consequência para a adequação das empresas para o desenvolvimento de produtos integrados neste novo cenário tecnológico.

A partir das alterações demandadas para o desenvolvimento de produtos inteligentes, este trabalho tem como objetivo específico mapear o estado da arte sobre as atividades recomendadas para o desenvolvimento de produtos inteligentes. A seguir será apresentado o procedimento metodológico utilizado neste projeto para contribuir para esta oportunidade de pesquisa.

3.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Com objetivo de identificar, avaliar e interpretar as pesquisas relevantes disponíveis sobre o tema foi realizada uma revisão sistemática da literatura (KITCHENHAM, 2004). As etapas associadas à realização da revisão foram definidas segundo o método proposto por Kitchenham (2004), amplamente utilizado na literatura e fácil compreensão (BERTOLINO, 2007; BENAVIDES *et al.*, 2010; QUIÑONES; RUSU, 2017). O procedimento de revisão sistemática proposto por Kitchenham (2004) inclui seis etapas: (i) questão da pesquisa; (ii) método de pesquisa; (iii) critérios de seleção; (iv) avaliação da qualidade; (v) extração e (vi) síntese de dados.

(i) Questão da pesquisa

A questão de investigação para este estudo consiste em: Quais são as recomendações sugeridas para o processo de desenvolvimento de novos produtos com tecnologias e funcionalidades IoT?

Estas alterações podem ser compreendidas em termos de: quais atividades o PDP deve incorporar para se adaptar as necessidades de desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT? E quais são as fases do PDP que apresentam maiores alterações?

(ii) Método de pesquisa, (iii) Critérios de seleção e (iv) Avaliação da qualidade

A revisão de literatura foi realizada em cinco plataformas de pesquisa de publicações: (i) *Science Direct*, (ii) *Scopus*, (iii) *Emerald Insight*, (iv) *Web of Science (WOS)* e (v) *Proquest*. Tais bases foram selecionadas, por serem bases abrangentes, multidisciplinares e anexarem periódicos de interesse na área de pesquisa (*e.g.*, ciência da computação, engenharia e gestão). As buscas foram restritas aos resumos, títulos e palavras-chave. Foram selecionados apenas artigos em língua inglesa.

Os filtros foram realizados manualmente para se ter um maior controle sobre o resultado. Assim, foram excluídos os artigos não científicos, duplicados, publicações provenientes de livros e dissertações, e artigos fora do escopo. A busca não foi limitada por área de conhecimento e foi realizada sem recorte temporal, com o objetivo de retornar o maior número de artigos possível. Ao final, foram inclusos artigos sobre o tema não encontrados no processo de revisão de literatura. Foram considerados artigos provenientes de periódicos e de congressos.

(v) Extração e (vi) Síntese de dados

A primeira etapa de busca foi realizada no mês março de 2017, e foram utilizados como termos de busca os seguintes termos relacionados a *Internet of Things* combinados com termos associados ao

desenvolvimento de produto, conforme Quadro 3.1. Este procedimento resultou em 105 artigos, dos quais apenas 12 mencionavam recomendações para o PDP orientado à produtos inteligentes. Os resultados das recomendações foram separados em grupos de acordo com as características comuns das recomendações.

Quadro 3.1 - Resultados para primeira etapa de busca da revisão sistemática de literatura.

Termos de busca nas bases de dados	Grupos de recomendações para o PDP IoT		
("IoT" OR " <i>internet of things</i> ") AND (" <i>new product development</i> " OR " <i>product development</i> " OR " <i>product development process</i> ")	Características do produto inteligente	Infraestrutura necessária para um sistema IoT	Questões estratégicas para empresas e indústrias de produtos inteligentes
	Perera <i>et al.</i> (2014) Dominici <i>et al.</i> (2016) Golovatchev <i>et al.</i> (2016) Saarikko <i>et al.</i> (2017)	Nyman <i>et al.</i> (2008) Suciu <i>et al.</i> (2015) Mourtzis <i>et al.</i> (2016) Thames e Thames (2016) Schaefer (2016) Vlachou (2016)	Randmaa <i>et al.</i> (2009) Bucherer e Uckelmann (2011) Tesch <i>et al.</i> (2017) Yu e Yang (2017)

Fonte: elaborado pela autora.

A partir do resultado limitado da primeira etapa de busca foram incorporados outros termos a fim de ampliar as evidências das alterações do PDP orientado à produtos inteligentes (PDP IoT). Foi então realizada uma segunda etapa de busca entre os meses de março e novembro de 2017, em que foram utilizados termos mais genéricos para cobrir uma maior variedade de abordagens utilizadas na literatura. Para os termos IoT, foram reunidos termos utilizados para se referir à indústria como, "*Industrial IoT*" e "*Industrial Internet of Things*" (THAMES; SCHAEFER, 2016; UPASANI *et al.*, 2017). Além disso foram combinados com termos associadas a produtos, em vez de termos relacionadas ao desenvolvimento de produto. A pesquisa final detalhada encontra-se no Quadro 3.2.

Nesta segunda etapa de busca foram incorporados os artigos obtidos primeira etapa. A primeira etapa foi apresentada a fim de demonstrar as limitações de pesquisa. Portanto toda vez que este trabalho

se referir ao processo de revisão sistemática, deve-se reportar a segunda etapa de busca, disponível na Tabela 3.1.

Quadro 3.2 - Palavra-chave usadas na 2ª etapa de busca da revisão sistemática de literatura.

Pesquisa por palavras-chave		
("IoT" OR "Internet of Things" OR "Industrial IoT" OR "Industrial Internet of Things")	AND	("design product" OR "new product development" OR "product development" OR "product development process" OR "manufacturing industry" OR "smart connected product" OR "smart product" OR "intelligent product")

Fonte: elaborado pela autora.

O procedimento de busca da revisão sistemática atingiu um número total de 730 artigos. Até o momento não foi possível ter acesso a 28 artigos, equivalente a 3,84% do total da busca, devido a indisponibilidade de acesso aos mesmos. Em contrapartida, após a análise das referências citadas nos artigos da revisão sistemática, foram acrescentados outros 13 artigos sobre o tema que não foram identificados na fase de busca, sendo nove oriundos de periódicos e quatro de congressos. No processo de revisão, 108 artigos foram retirados do portfólio por serem considerados fora do escopo.

Tabela 3.1 - Etapas do processo de revisão sistemática de literatura.

Total de artigos selecionados nas cinco bases de dados	730
Eliminação do repetidos	195
Eliminação dos não científicos	173
Eliminação dos livros	85
Eliminação de dissertações	5
Eliminação dos artigos não disponíveis	28
Eliminação dos artigos fora do escopo	108
Artigos acrescentados na revisão	13
Total de artigos considerados na revisão	149

Fonte: elaborado pela autora.

Foram considerados fora de escopo artigos que não abordam em seu conteúdo completo contribuições para o desenvolvimento de produtos inteligentes. Em geral, estes artigos estão direcionados para o desenvolvimento de processos específicos de engenharia da manufatura, como por exemplo, sistemas mecatrônicos e térmicos (e.g., SIEGWART, 2001; ZHANG; ZHANG, 2012; UTSUNOMIYA *et al.*, 2016). Outra parte dos artigos desconsiderados nesta pesquisa apresentam foco

específico no desenvolvimento técnico de alguns elementos da arquitetura dos produtos inteligentes, como protocolos de comunicação, com a finalidade de desenvolvimento ou aplicação de tecnologias (e.g., NARAMPANAWA *et al.*, 2014; YOON; SUH, 2016; WANG *et al.*, 2017). Também foram desconsiderados artigos que apresentam áreas não relacionadas à produtos manufaturados, como museus, bancos, entre outros (e.g., DEL GIUDICE *et al.*, 2016; SOLIMA *et al.*, 2016; COOPER *et al.*, 2017). Outros artigos retrataram questões associadas ao desenvolvimento de produto, mas não retratavam as alterações associadas aos produtos inteligentes (e.g., DIXON *et al.*, 2016). Em geral, os artigos desconsiderados nesta pesquisa não abordam em seu conteúdo qualquer análise sobre o impacto ou efeito das tecnologias IoT na gestão do processo de desenvolvimento de produto, visto que estão focados no desenvolvimento ou aplicação específica de tecnologias em alguma etapa, estágio ou dispositivo que pode ser utilizado em um sistema IoT.

3.3 RESULTADOS

A partir da análise da literatura, foi realizada uma análise bibliométrica dos artigos considerados na revisão de literatura. Além disso, foram identificadas as principais recomendações para as fases do PDP de Rozenfeld *et al.* (2006) para o desenvolvimento de produtos inteligentes.

3.3.1 Análise Bibliométrica

Dentre 149 artigos considerados na revisão, 103 artigos foram publicados em periódicos e 46 artigos em conferências. Os periódicos foram organizados na Tabela 3.2, em ordem decrescente do valor do seu fator de impacto. Para classificar o fator de impacto e a principal área de atuação (*subject area*) da publicação foi utilizada a mensuração realizada pela base de dados *Scopus*, por meio do SJR (*Scientific Journal Rankings*), em razão de apresentar uma maior abrangência de títulos que a mensuração realizada pela base de dados Thomson e Reuters, por meio do JCR (*Journal Citation Reports*). A classificação dos artigos possibilitou identificar as publicações e entender como o tema se encontra disponível na literatura, quais são os autores e as áreas mais relevantes sobre o tema.

Tabela 3.2 - Classificação dos 103 artigos publicados em periódicos analisados na revisão.

Título do Periódico / Quantidade de artigos por periódico	Autor	Ano	Áreas****	SJR	Citações (Google Scholar)
<i>Journal of Interactive Marketing</i> (1)	Verhoef <i>et al.</i>	2017	Negócios, Gestão e Contabilidade	2,754	5
<i>International Journal of Production Economics</i> (2)	Rymaszewska <i>et al.</i>	2017	Negócios, Gestão e Contabilidade	2,216	9
	Ng <i>et al.</i>	2015			43
<i>International Journal of Precision Engineering and Manufacturing – Green Technology</i> (1)	Kang <i>et al.</i>	2016	Negócios, Gestão e Contabilidade	1,691	98
<i>International Journal of Research in Marketing</i> (1)	Ng; Wakenshaw	2017	Negócios, Gestão e Contabilidade	1,674	25
	Ranjan <i>et al.</i>	2017			2
<i>CIRP Annals – Manufacturing Technology</i> (4)	Abramovici <i>et al.</i>	2017	Engenharia	1,672	1
	Takenaka <i>et al.</i>	2016			6
	Riel <i>et al.</i>	2017			6
<i>IEEE Internet of Things Journal</i> (1)	Främling <i>et al.</i>	2014	Ciência da Computação	1,669	37
<i>Computers & Industrial Engineering</i> (1)	Upasani <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	1,542	6
<i>Journal of Food Engineering</i> (2)	Chen <i>et al.</i>	2014	Agricultura e Ciências Biológicas	1,479	25
	Verdouw <i>et al.</i>	2016			52
<i>International Journal of Production Research</i> (1)	Meyer <i>et al.</i>	2011	Negócios, Gestão e Contabilidade	1,463	39
<i>Food Control</i> (2)	Chen	2015	Agricultura e Ciências Biológicas	1,462	22
	Badia-Melis <i>et al.</i>	2015			66
<i>Internet Research</i> (1)	Yu <i>et al.</i>	2016	Economia e Finanças	1,427	17
<i>Journal of Manufacturing Systems</i> (1)	Ren <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	1,349	9
<i>Journal of Intelligent Manufacturing</i> (1)	Liu <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	1,31	16
<i>Annual Reviews in Control</i> (1)	Zuehlke	2010	Ciência da Computação	1,284	343
<i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i> (2)	Azevedo <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	1,272	3
	Velandia <i>et al.</i>	2016			26
<i>Engineering Applications of Artificial Intelligence</i> (1)	Främling <i>et al.</i>	2013	Ciência da Computação	1,047	71
<i>Advanced Engineering Informatics</i> (1)	Trappey <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	0,993	18
<i>Manufacturing Letters</i> (2)	Lee <i>et al.</i>	2013	Engenharia	0,981	271
	Yu <i>et al.</i>	2015			29
<i>International Journal of Advanced Manufacturing Technology</i> (2)	Do, 2017	2017	Ciência da Computação	0,967	2
	Fang <i>et al.</i>	2016			7
<i>Optimization Letters</i> (1)	Zhou <i>et al.</i>	2017	Matemática	0,92	1
	He; Xu	2015			92
	Adamson <i>et al.</i>	2017			28
<i>International Journal of Computer Integrated Manufacturing</i> (5)	Främling <i>et al.</i>	2007	Ciência da Computação	0,904	57
	Mourtzis <i>et al.</i>	2015			40
	Ren <i>et al.</i>	2017			86
<i>Advances in Engineering Software</i> (1)	Ji <i>et al.</i>	2016	Ciência da Computação	0,901	6

Continua

Continuação da Tabela 3.2 - Classificação dos 103 artigos publicados em periódicos analisados na revisão.

Título do Periódico / Quantidade de artigos por periódico	Autor	Ano	Áreas****	SJR	Citações (Google Scholar)
<i>Computers in Industry</i> (6)	Hofmann; Rüsçh	2017	Ciência da Computação	0,894	30
	Hehenberger <i>et al.</i>	2016			33
	Thramboulidis;	2016			23
	Christoulakis	2015c			18
	Kubler <i>et al.</i>	2017			6
	Lyu <i>et al.</i>	2009			393
<i>IEEE Intelligent Systems</i> (1)	Lade <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	0,877	7
<i>Business Horizons</i> (2)	Li	2013	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,844	106
	Saarikko <i>et al.</i>	2017			13
<i>Journal of Marketing Management</i> (1)	Mani; Chouk	2017	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,843	10
<i>IEEE Access</i> (1)	Perera <i>et al.</i>	2014	Ciência da Computação	0,801	209
<i>Industrial Management & Data Systems</i> (3)	Rezaei <i>et al.</i>	2017	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,768	1
	Yan, 2017	2017			2
	Yan <i>et al.</i>	2016			14
<i>Computer-Aided Design</i> (2)	kiritsis	2011	Ciência da Computação	0,744	312
	Kubler <i>et al.</i>	2015b			18
<i>Computer Communications</i> (1)	Borgia	2014	Ciência da Computação	0,709	430
<i>Computer Networks</i> (1)	Xia <i>et al.</i>	2016	Ciência da Computação	0,652	15
<i>Pervasive and Mobile Computing</i> (1)	kubler <i>et al.</i>	2015a	Ciência da Computação	0,602	13
<i>Business Process Management Journal</i> (2)	Dominici <i>et al.</i>	2016	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,573	12
	Caputo <i>et al.</i>	2016			25
<i>Cluster Computing</i> (1)	Li <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	0,564	6
<i>Central European Journal of Operations Research</i> (1)	Dawid <i>et al.</i>	2017	Gestão Científica	0,465	11
<i>Harvard Business Review</i> (2)	Porter; Heppelmann	2015	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,433	229
	Porter; Heppelmann	2014			742
<i>Multinational Business Review</i> (1)	Strange; Zucchella	2017	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,406	3
<i>TQM Journal</i> (1)	Mourtzis; Vlachou	2016	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,362	14
<i>International Journal of Automation Technology</i> (1)	Thoben <i>et al.</i>	2017	Engenharia	0,31	26
<i>Procedia Engineering</i> (1)	Gregor <i>et al.</i>	2017	Engenharia	0,282	1
<i>Procedia Computer Science</i> (1)	Al-Dulaimi; Cosmas	2016	Ciência da Computação	0,267	0
<i>IFAC-PapersOnLine</i> (1)	Li; Parlikad	2016	Engenharia	0,263	4

Continua

Continuação da Tabela 3.2 - Classificação dos 103 artigos publicados em periódicos analisados na revisão.

Título do Periódico / Quantidade de artigos por periódico	Autor	Ano	Áreas****	SJR	Citações (Google Scholar)
<i>International Journal of Sustainable Manufacturing</i> (1)	Kiritsis <i>et al.</i>	2014	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,225	2
<i>Supply Chain Management: An International Journal</i> (1)	Parry <i>et al.</i>	2016	Negócios, Gestão e Contabilidade	0,209	16
<i>Open Engineering</i> (1)	Maslarić <i>et al.</i>	2016	Engenharia	0,199	6
<i>Internetworking Indonesia Journal</i> (1)	Eruvankai <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	0,141	0
<i>Colloquium in Information Science and Technology</i> (1)	Terrissa <i>et al.</i>	2016	Ciência da Computação	0,13	2
<i>Journal of Big Data</i> (1)	O'Donovan <i>et al.</i>	2015	Ciência da Computação	0,123	33
<i>Advanced Materials Research</i> (5)	Jia; Gao	2013			0
	Du <i>et al.</i>	2013			3
	Sun <i>et al.</i>	2011	Engenharia	0,12	8
	Cao	2011			0
	Liu	2013			0
<i>Procedia Manufacturing</i> (2)	Steenkamp <i>et al.</i>	2017			3
	Zhong <i>et al.</i>	2017	Ciência da Computação	0,2	2
<i>Procedia Technology</i> (2)	Deuter; Rizzo	2016	***	**	1
	Kliewe <i>et al.</i>	2016			-
	Qin <i>et al.</i>	2017			0
	Haas <i>et al.</i>	2016			1
	Tedeschi <i>et al.</i>	2017			3
	Erol <i>et al.</i>	2016			34
	Mourtzis <i>et al.</i>	2016			19
	Suginouchi <i>et al.</i>	2017			0
	Mehrsai <i>et al.</i>	2014			2
	Tan <i>et al.</i>	2017	Engenharia	0,67	2
	Bradley <i>et al.</i>	2017			3
	Thames; Schaefer	2016			23
	Marilungo <i>et al.</i>	2017			2
	Dhuiéb <i>et al.</i>	2016			5
	Liu; Xu	2017			2
Gregori <i>et al.</i>	2017			0	
Neugebauer <i>et al.</i>	2016			7	
<i>IEEE Cloud Computing</i> (1)	Georgakopoulos <i>et al.</i>	2016	Ciência da Computação	0,73	16

Continua

Continuação da Tabela 3.2 - Classificação dos 103 artigos publicados em periódicos analisados na revisão.

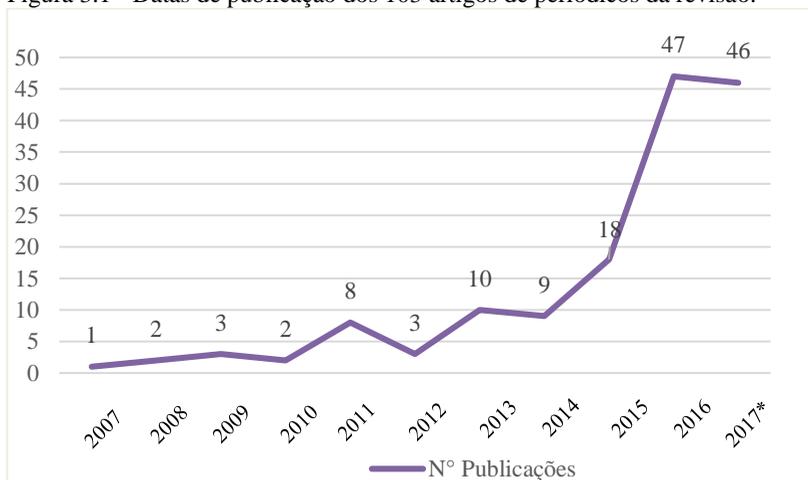
Título do Periódico / Quantidade de artigos por periódico	Autor	Ano	Áreas****	SJR	Citações (Google Scholar)
<i>PSU Research Review</i> (1)	Tamayo Segarra <i>et al.</i>	2017	***	**	-
<i>Business Process Re-engineering & Management Journal</i> (1)	Zancul <i>et al.</i>	2016	***	**	16
<i>Info</i> (1)	Gerpott; May	2016	***	**	10
<i>Journal of Industrial Information Integration</i> (1)	Tao <i>et al.</i>	2016	Ciência da Decisão	0,87	45
<i>Journal of Computational Design and Engineering</i> (1)	Yang <i>et al.</i>	2016	Ciência da Computação	0,58	1
<i>Concurrent Engineering</i> (1)	Elhariri Essamlali <i>et al.</i>	2017	Engenharia	0,61	0

Fonte: elaborado pela autora. ****Foram listadas todas as áreas principais dos periódicos segundo a base de dados *Scopus*. /**** Estes periódicos não apresentam classificação na base de dados *Scopus*. /** Estes periódicos não apresentam classificação SJR.

Não foi possível fazer a classificação da principal área de atuação das conferências, visto que grande parte das mesmas não apresentam classificação pelo critério da base de dados *Scopus* (SJR). Apesar das conferências não terem sido classificadas, também foram consideradas nesta revisão de literatura, visto que representam 30,9% dos artigos da revisão. Como o tema desta pesquisa é recente, tem-se nas conferências o resultado dos primeiros esforços de trabalho, para em uma data posterior o desenvolvimento de artigos para periódicos.

Os resultados dos 149 artigos analisados na íntegra indicam uma concentração de publicações em periódicos e em congressos nos últimos dois anos (62,4%), conforme Figura 3.1, confirmando atualidade da pesquisa sobre o tema. No portfólio de artigos há apenas seis artigos que foram publicados antes do ano 2010, o artigo do Meyer *et al.* (2009), Yan e Huang (2008), Främbling *et al.* (2009), Nyman *et al.* (2008), Främbling e Nyman (2008) e Främbling *et al.* (2007). Sendo três destes artigos publicados por Kary Främbling e dois por Jan Nyman. Devido à recente data de publicação dos artigos analisados, não se constata um elevado número de citações dos mesmos. Ao todo tem-se 9 artigos com mais de 100 citações, os quais foram publicados entre os anos 2009 e 2015.

Figura 3.1 - Datas de publicação dos 103 artigos de periódicos da revisão.



Fonte: elaborado pela autora com base na busca e organização da revisão de literatura. (*levantamento de 2017 apresenta resultado parcial)

Os periódicos foram classificados de acordo com a principal área de atuação das publicações, conforme Tabela 3.2. Os resultados

confirmam que a literatura sobre o tema se encontra dispersa em diversas áreas de conhecimento, conforme mencionado por Holler *et al.* (2016). Levando em consideração a área principal área de atuação da classificação da base de dados *Scopus* para as publicações dos periódicos, as áreas mais frequentes são: Ciência da Computação (46,8%); Engenharia (19%) e Negócios, Gestão e Contabilidade (25,3%). A grande quantidade de publicações nas áreas de exatas evidencia que o tema ainda é muito desenvolvido sob a perspectiva técnica. Já a abordagem sob uma perspectiva gerencial é recente, com publicações a partir de 2011. A temática de pesquisa também foi retratada em áreas como Economia e Finanças, Agricultura, Matemática, Ciência Ambiental, Gestão Científica, Ciências dos Materiais, Ciências Sociais, entre outras.

Os artigos de periódicos analisados da área de atuação Negócios, Gestão e Contabilidade apresentam seu conteúdo direcionado para três principais abordagens: (i) as características dos produtos inteligentes, (ii) as particularidades do processo de manufatura inteligente e, (iii) o valor proporcionado ao consumidor pelos produtos inteligentes. A primeira categoria retrata o uso de tecnologia para autenticação e rastreamento dos produtos (*e.g.*, LI, 2013; DOMINICI *et al.*, 2016; YAN *et al.*, 2016); o potencial de funcionalidade possibilitado pelas tecnologias IoT nos produtos (*e.g.*, PORTER; HEPPELMANN, 2014; BRADLEY *et al.*, 2017). A segunda categoria apresenta questões relacionadas ao processo produtivo, como as soluções para gerenciamento da produção após a incorporação de tecnologias IoT (*e.g.*, MEYER *et al.*, 2011; TAO *et al.*, 2016); as atividades dentro das cadeias de suprimentos (*e.g.*, XU *et al.*, 2011; NG *et al.*, 2015; YAN, 2017). A terceira categoria refere-se a questões direcionadas ao valor proporcionado ao consumidor pelos produtos inteligentes (*e.g.*, DOMINICI *et al.*, 2016; MANI; CHOUK, 2017; NG; WAKENSHAW, 2017; VERHOEF *et al.*, 2017).

Para os periódicos da área da Ciência da Computação, o conteúdo está direcionado para duas principais abordagens: (i) infraestrutura necessária para as aplicações IoT, e (ii) a utilização de aplicações IoT no contexto das fábricas inteligentes. A primeira categoria apresenta a utilização padrões e patentes para as tecnologias IoT (*e.g.*, HU, 2015; TRAPPEY *et al.*, 2017); a interface de comunicação padrão para implementação na fábrica inteligente (*e.g.*, PISCHING *et al.* 2016; ERUVANKAI *et al.*, 2017); a arquitetura para fornecer soluções no ambiente de computação em nuvem (*e.g.*, TERRISSA *et al.*, 2016; THAMES, SCHAEFER, 2016). A segunda categoria retrata as aplicações das tecnologias IoT, por exemplo, na análise preditiva dos dados para aumentar a qualidade e detectar falhar (*e.g.*, TERRISSA *et al.*, 2016;

LADE *et al.*, 2017); no cruzamento de dados do ERP (*Enterprise Resource Planning*) com informações adquiridas pelos dispositivos IoT na fábrica (e.g., HADDARA; ELRAGAL, 2015; RANJAN *et al.* 2017); na otimização dos processos de produção (e.g., FANG *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2017), entre outros.

Os periódicos da área de Engenharia têm abordagens similares aos periódicos da Ciência da Computação, no entanto há um menor enfoque na infraestrutura ligada à área da computação. Há um destaque para os processos do desenvolvimento de produtos, como, por exemplo, o acompanhamento do produto ao longo do ciclo de vida (ABRAMOVICI *et al.*, 2017), a utilização de disposto IoT para monitoramento do consumo de energia na fabricação (TAN *et al.*, 2017); o emprego da servitização a partir da utilização de dados de uso de produtos inteligentes (TAKENAKA *et al.*, 2016); e a arquitetura para gestão da cadeia de suprimentos (SUN *et al.*, 2011); entre outros. A

Tabela 3.3 apresenta a quantidade de artigos por periódico. O periódico com maior quantidade de publicações é o *Procedia CIRP*, com 15 publicações relacionadas ao tema.

Quanto as conferências, a principal instituição organizadora é o IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*), com oito publicações em congressos em diferentes áreas como: Automação, Mecatrônica, Engenharia Industrial, Engenharia de *E-Business*, *Internet of Things*, Computação, entre outras. Todos os congressos organizados pelo IEEE são voltados para a área técnica. O congresso com mais publicações dentro do escopo deste trabalho é o IEEE *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, conforme a Tabela 3.4. Os três artigos publicados nesse congresso apresentam a incorporação das tecnologias IoT nas fábricas inteligentes para planejamento e controle do chão de fábrica (e.g., ENGELHARDT; REINHART, 2012); o gerenciamento do sistema logística (e.g., XU *et al.*, 2012); e o monitoramento do uso de recursos durante o processo produtivo (e.g., LEE *et al.*, 2012). Dentro os congressos com maior quantidade de publicações apenas o ISPIM (*The International Society for Professional Innovation Management*) é da área de gestão voltada para a inovação. Uma das publicações reportadas neste congresso, *The Impact of the IoT on Product Development and Management* (GOLOVATCHEV *et al.*, 2016), está entre as mais relevantes para o escopo deste trabalho.

Tabela 3.3 - Quantidade de artigos da revisão publicados em cada periódico.

Nome do Periódico	Áreas segundo base de dados <i>Scopus</i>	Nº de artigos	Frequência (%)
Procedia CIRP	Engenharia	15	19.0%
Computers in Industry	Ciência da Computação	6	7.6%
International Journal of Computer Integrated Manufacturing	Ciência da Computação	5	6.3%
Advanced Materials Research	Engenharia	5	6.3%
CIRP Annals - Manufacturing Technology	Engenharia	4	5.1%
Industrial Management & Data Systems	Negócios, Gestão e Contabilidade	3	3.8%
Procedia Manufacturing	Ciência da Computação	5	6.3%
International Journal of Production Economics	Negócios, Gestão e Contabilidade	2	2.5%
Business Horizons	Negócios, Gestão e Contabilidade	2	2.5%
Business Process Management Journal	Negócios, Gestão e Contabilidade	2	2.5%
Harvard Business Review	Negócios, Gestão e Contabilidade	2	2.5%
Outros 28 tipos de periódicos		1	35.4%

Fonte: elaborado pela autora com base na busca e organização da revisão de literatura.

O autor com maior quantidade de publicações no portfólio de busca é o finlandês Kary Främling, com sete publicações a partir de 2008, conforme Figura 3.2. Främling apresentou em todos os seus artigos uma abordagem voltada para a infraestrutura de comunicação dos *intelligent products*, conforme a proposta de identificador do produto para gerenciamento de informações ao longo do ciclo de vida (FRÄMLING *et al.*, 2007); a arquitetura necessária para a transmissão segura dos dados ao longo do ciclo de vida (FRÄMLING; NYMAN, 2008; FRÄMLING *et al.*, 2009; FRÄMLING *et al.*, 2013) os padrões de mensagem e de interface que permitam a comunicação entre aplicações IoT (FRÄMLING *et al.*, 2011; FRÄMLING *et al.*, 2014). Sylvain Kubler por ter sido co-autor com Kary Främling, em todos os seus três artigos publicados em 2015 segue a mesma linha de pesquisa: o gerenciamento dos dados ao longo do ciclo de vida do produto.

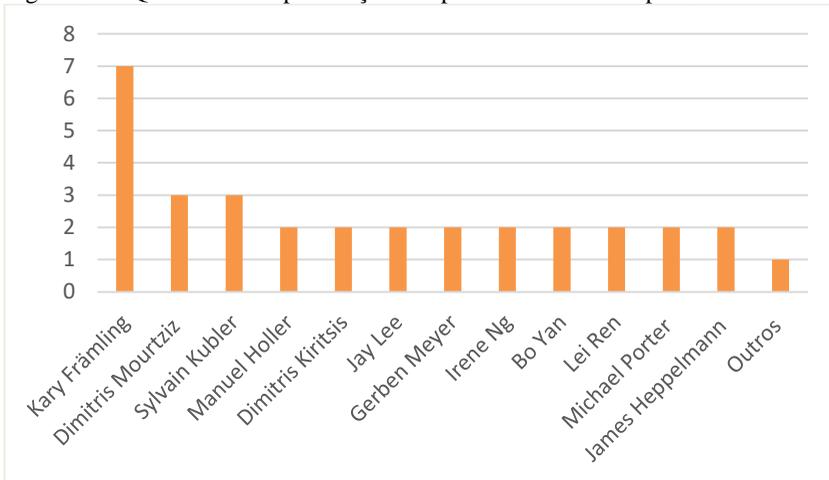
Tabela 3.4 - Quantidade de artigos da revisão publicados em cada conferência.

Conferências	Nº Publicações	Frequência (%)
<i>IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management</i>	3	6.5%
<i>IFAC Proceedings Volumes</i>	3	6.5%
<i>International Conference on System Sciences</i>	2	4.3%
<i>International Manufacturing Science and Engineering Conference</i>	2	4.3%
<i>ISPIM Proceedings</i>	2	4.3%
<i>IFAC-PapersOnLine</i>	1	2.2%
Outros 33 tipos de conferências	1	71.7%

Fonte: elaborado pela autora com base na busca e organização da revisão de literatura.

Já Dimitris Mourtzis retrata as transformações causadas pela IoT na manufatura (MOURTZIS *et al.*, 2015; MOURTZIS; VLACHOU, 2016; MOURTZIS *et al.*, 2016). Entre os autores é importante destacar Manuel Holler, uma vez que um dos poucos autores a ter como tema central de seus artigos o desenvolvimento de produtos inteligentes, ambas publicações realizadas em conferências. O autor retrata como o acesso aos dados de uso do produto inteligente servem de *feedback* ao longo das fases do desenvolvimento de produto (HOLLER *et al.*, 2016; HOLLER *et al.*, 2017). Já os autores Michael Porter e James Heppelmann foram os pioneiros ao comentarem, em 2014, a necessidade de mudanças no processo de desenvolvimento de produtos, principalmente na macro-fase de pós-desenvolvimento.

Figura 3.2 - Quantidade de publicações do portfólio de revisão por autor.



Fonte: elaborado pela autora com base na busca e organização da revisão de literatura.

3.3.2 Análise de Conteúdo

A partir da análise dos 149 artigos do portfólio de artigos da busca foi possível verificar dois tipos de categorias dos principais temas abordados nos artigos: produtos inteligentes e manufatura inteligente. O repertório de artigos é apresentado no Quadro 3.3.

A categoria de artigos classificados em “produtos inteligentes” refere-se aos produtos que incorporam as tecnologias IoT (MEYER *et al.*, 2009; EL HAOUZI *et al.*, 2013). Além das características físicas, incluindo *hardware*, esses produtos incorporam *software*, o qual permite alterações de funcionalidade e atualização constantes, e assim prolongamento do tempo de vida do produto sem necessidade de alteração física no produto (DEUTER; RIZZO, 2016; HEHENBERGER *et al.*, 2016; ELHARIRI ESSAMLALI *et al.*, 2017; MANI; CHOUK, 2017). Os produtos inteligentes também estão associados à serviços, os quais são pacotes centrados no cliente com foco em combinações de bens, serviços, suporte, autoatendimento e conhecimento, também chamado de PSS (*Product Service Systems*) (MEHRSAI *et al.*, 2014; LYU *et al.*, 2017; MARILUNGO *et al.* 2017).

Quadro 3.3 - Artigos analisados categorizados conforme áreas das recomendações.

(1)	Autores	(2)
Produtos Inteligentes	Främling <i>et al.</i> (2007); Nyman <i>et al.</i> (2008); Främling; Nyman (2008); Meyer <i>et al.</i> (2009); Yan; Huang (2008); Främling <i>et al.</i> (2009); Piller <i>et al.</i> (2010); Kiritsis (2011); Xu <i>et al.</i> (2011); Främling <i>et al.</i> (2011); Mejtoft (2011); Xu <i>et al.</i> (2012); Främling <i>et al.</i> (2013); Li (2013); Liu (2013); Framling; Maharjan (2013); Främling <i>et al.</i> (2014); Mehrsai <i>et al.</i> (2014); Chen <i>et al.</i> (2014); Kiritsis <i>et al.</i> (2014); Borgia (2014); Porter; Heppelmann (2014); Han <i>et al.</i> (2014); Chen (2015); Badia-Melis <i>et al.</i> (2015); Perera <i>et al.</i> (2014); Kubler <i>et al.</i> (2015a); Kubler <i>et al.</i> (2015b); Kubler <i>et al.</i> (2015c); Porter; Heppelmann (2015); Hu (2015); Ng <i>et al.</i> (2015); Uehara (2015); Suci <i>et al.</i> (2015); Karki <i>et al.</i> (2015); Hemilä (2015); Verdouw <i>et al.</i> (2016); Yu <i>et al.</i> (2016); Yan <i>et al.</i> (2016); Dominici <i>et al.</i> (2016); Al-Dulaimi; Cosmas (2016); Caputo <i>et al.</i> (2016) Parry <i>et al.</i> (2016); Maslarić <i>et al.</i> (2016); Deuter; Rizzo (2016); Gerpott; May (2016); Kliewe <i>et al.</i> (2016); Yang <i>et al.</i> (2016); Lom <i>et al.</i> (2016); Rahman; Shah (2016); Seref; Bostanci (2016); Golovatchev <i>et al.</i> (2016); Bougdira <i>et al.</i> (2016); Yu; Yang (2016); Zancul <i>et al.</i> (2016); Sassanelli <i>et al.</i> (2016); Takenaka <i>et al.</i> (2016); Holler <i>et al.</i> (2016); Bradley <i>et al.</i> (2017); Verhoef <i>et al.</i> (2017); Rymaszewska <i>et al.</i> (2017); Ng; Wakenshaw (2017); Abramovici <i>et al.</i> (2017); Saarikko <i>et al.</i> (2017); Mani; Chouk (2017); Rezaei <i>et al.</i> (2017); Yan (2017); Tamayo Segarra <i>et al.</i> (2017); Lyu <i>et al.</i> (2017); Dawid <i>et al.</i> (2017); Elhariri Essamlali <i>et al.</i> (2017); Wielki (2017); Holler <i>et al.</i> (2017); Zhou <i>et al.</i> (2017); Mazzei <i>et al.</i> (2018)	74
Manufatura Inteligente	Zuehlke (2010); Meyer <i>et al.</i> (2011); Sun <i>et al.</i> (2011); Cao (2011); Liu <i>et al.</i> (2011); Engelhardt; Reinhart (2012); Lee <i>et al.</i> (2012); Lee <i>et al.</i> (2013a); Jia; Gao (2013); Du <i>et al.</i> (2013); Lee <i>et al.</i> (2013b); El Haouzi <i>et al.</i> (2013); Wang; Chen (2013); Albrecht; Anderl (2014); Murar; Brad (2014); Yu <i>et al.</i> (2015); He; Xu (2015); Mourtzis <i>et al.</i> (2015); O'Donovan <i>et al.</i> (2015); Chen <i>et al.</i> (2015); Hannola <i>et al.</i> (2015); Kang <i>et al.</i> (2016); Fang <i>et al.</i> (2016); Ji <i>et al.</i> (2016); Hehenberger <i>et al.</i> (2016); Thramboulidis; Christoulakis (2016); Xia <i>et al.</i> (2016); Ferreira <i>et al.</i> (2016); Li; Parlikad (2016); Terrisa <i>et al.</i> (2016); Mourtzis; Vlachou (2016); Tao <i>et al.</i> (2016); Thames; Schaefer (2016); Dhuieb <i>et al.</i> (2016); Neugebauer <i>et al.</i> (2016); Zancul <i>et al.</i> (2016); Georgakopoulos <i>et al.</i> (2016); Erol <i>et al.</i> (2016); Mourtzis <i>et al.</i> (2016); Velandia <i>et al.</i> (2016); Pisching <i>et al.</i> (2016); Chang; Wu (2016); Zang <i>et al.</i> (2016); Sabitha <i>et al.</i> (2016); Schroeder <i>et al.</i> (2016); Yoon <i>et al.</i> (2016); Chen <i>et al.</i> (2016); Ranjan <i>et al.</i> (2017); Riel <i>et al.</i> (2017); Upasani <i>et al.</i> (2017); Ren <i>et al.</i> (2017); Liu <i>et al.</i> (2017); Azevedo <i>et al.</i> (2017); Trappey <i>et al.</i> (2017); Do (2017); Adamson <i>et al.</i> (2017); Ren <i>et al.</i> (2017); Gregor <i>et al.</i> (2017); Hofmann; Rünsch (2017); Lade <i>et al.</i> (2017); Li <i>et al.</i> (2017); Strange; Zucchella (2017); Thoben <i>et al.</i> (2017); Eruvankai <i>et al.</i> (2017); Zhong <i>et al.</i> (2017); Qin <i>et al.</i> (2017); Suginochi <i>et al.</i> (2017); Tan <i>et al.</i> (2017); Marilungo <i>et al.</i> (2017); Liu; Xu (2017); Gregori <i>et al.</i> (2017); Li; Xu (2017); Steenkamp <i>et al.</i> (2017); Zhao; Yang (2017); Tedeschi <i>et al.</i> (2017)	75

Fonte: elaborado pela autora

(1) Classificação / (2) Frequência

Os 74 artigos da categoria “produtos inteligentes” apresentam no seu escopo principal os produtos inteligentes e recomendações que afetam diretamente a esses produtos. É o caso de recomendações quanto a necessidade de alterações na arquitetura dos produtos devido à incorporação de tecnologias IoT (e.g., ABRAMOVICI *et al.*, 2017; ELHARIRI ESSAMLALI *et al.*, 2017; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017), quanto à percepção do consumidor em relação as novas funcionalidades desses produtos (e.g., MEHRSAI *et al.*, 2014; PORTER; HEPPELMANN, 2015; DOMINICI *et al.*, 2016); e os tipos de tecnologias de comunicação para rastreamento do produto (e.g., FRÄMLING *et al.*, 2009; MASLARIĆ *et al.*, 2016; YAN *et al.*, 2016), entre outras.

A categoria de artigos classificados como manufatura inteligente caracteriza-se pela criação de inteligência nos processos a partir da medição e monitoramento de dados em tempo real, para apoiar de forma precisa as tomadas de decisões (O'DONOVAN *et al.*, 2015; SABITHA *et al.*, 2016). Na fabricação inteligente, as tecnologias IoT estão associadas aos *Cyber Physical Systems* (CPS), sistemas que integram computadores e processos físicos, e também a outras tecnologias, como *big data* e *cloud computing* (O'DONOVAN *et al.*, 2015; MOURTZIS; VLACHOU, 2016; PISCHING *et al.*, 2016). A *cloud computing* disponibiliza a infraestrutura de Tecnologia da Informação (TI) necessária para a *big data* (YU; YANG, 2015; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017), que combinadas propiciam a *cloud manufacturing* (PORTER; HEPPELMANN, 2014; MOURTZIS *et al.*, 2016; THAMES; SCHAEFER, 2016; ZHONG *et al.*, 2017). A *cloud manufacturing* transforma os recursos de fabricação (*hardware* e *software*) e os serviços, e possibilita o gerenciamento de recursos de fabricação, processos, operações e transações pela internet (HE; XU, 2015; REN *et al.*, 2017).

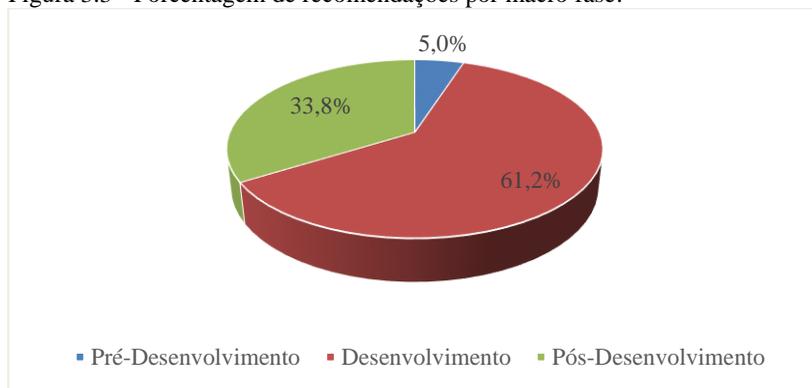
Os 75 artigos da categoria “manufatura inteligente” tem como abordagem central a utilização de tecnologias IoT para tornar o processo produtivo inteligente, independentemente do tipo produto a ser fabricado. Foram encontradas recomendações voltadas para o acompanhamento de condição de máquina para monitoramento da confiabilidade (e.g., XIA *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2017); para a detalhamento de protocolo de comunicação para o fluxo de informações inteligente na fábrica (e.g., MOURTZIS; VLACHOU, 2016; ERUVANKAI *et al.*, 2017; TRAPPEY *et al.*, 2017), para os tipos de tecnologias IoT necessários para controle e planejamento do sistema de produção (e.g., ENGELHARDT; REINHART, 2012; LEE *et al.*, 2012; WANG *et al.*, 2017), entre outras.

Apesar dos artigos relacionados à manufatura inteligente não apresentarem como foco nos artigos as mudanças no processo de desenvolvimento de produto, eles serão considerados nesta análise de literatura revisão. Isso porque suas recomendações que estão voltados para os processos da manufatura podem contribuir para as etapas PDP relacionadas à produção.

3.3.2.1 Recomendações

A análise dos 149 artigos do portfólio de revisão de literatura possibilitou classificar as recomendações de acordo com as fases do processo de desenvolvimento de produto. Para isso foi utilizado o modelo de processo de desenvolvimento de produto (PDP) de Rozenfeld *et al.* (2006). De acordo com o modelo, o PDP compreende três macro fases: pré-desenvolvimento, desenvolvimento e pós-desenvolvimento. Os resultados da análise implicam que a maioria das recomendações está direcionada para a macro fase de desenvolvimento, com 61,2% das recomendações, conforme Figura 3.3

Figura 3.3 - Porcentagem de recomendações por macro fase.



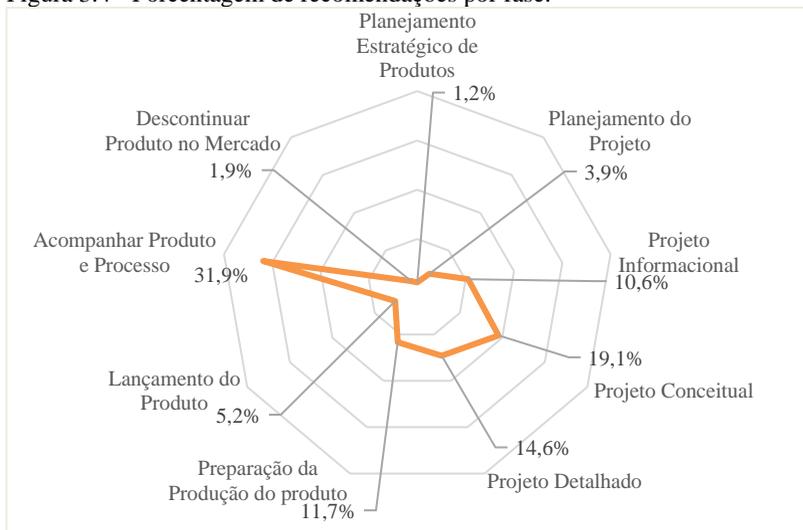
Fonte: elaborado pela autora.

A macro fase de pré-desenvolvimento compreende as fases de (i) planejamento estratégico de produtos e (ii) planejamento do projeto. Já a macro fase de desenvolvimento compreende as fases de (iii) projeto informacional, (iv) projeto conceitual, (v) projeto detalhado, (vi) preparação da produção do produto e (vii) lançamento do produto. A macro fase de pós-desenvolvimento compreende as fases de (viii) acompanhar produto e processo e (ix) descontinuar produto no mercado.

Dentro de cada fase existem várias atividades, aqui denominadas recomendações do PDP, que precisam ser realizadas para atingir aos *outputs* planejados em cada uma das mesmas (ROZENFELD *et al.*, 2006).

A Figura 3.4 apresenta o percentual de recomendações obtido a partir de 149 obtidos no portfólio da revisão sistemática de literatura para cada fase do PDP IoT. A fase com maior quantidade de recomendações é a de acompanhamento do produto e do processo, que acontece durante a macro fase de pós-desenvolvimento. Nesta fase acontece o monitoramento do desempenho do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006), uma das principais consequências da utilização das tecnologias IoT. A partir dos dados obtidos em tempo real pelo monitoramento dos produtos é possível inferir as condições de uso dos mesmos e, desse modo, construir produtos melhorados com maior proposição de valor (DOMINICI *et al.*, 2016; GERPOTT; MAY, 2016; TAKENAKA *et al.* 2016; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017).

Figura 3.4 - Porcentagem de recomendações por fase.

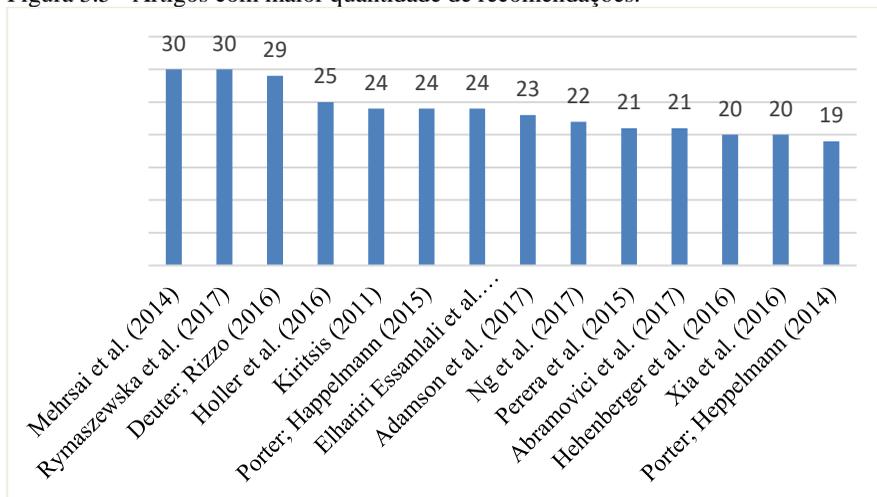


Fonte: elaborado pela autora.

As 14 publicações com maior quantidade de recomendações para o PDP IoT são apresentadas em ordem decrescente, conforme a Figura 3.5. Todas essas publicações foram classificadas como artigos direcionados aos produtos inteligentes, exceto Adamson *et al.* (2017), Hehenberger *et*

al., (2016) e *Xia et al.* (2016). Apesar dos três últimos não estarem direcionadas aos produtos e sim para a manufatura inteligente, eles trazem contribuições relevantes para o processo produtivo, com orientações para a arquitetura da *cloud manufacturing* e dos *Cyber Physical Systems*.

Figura 3.5 - Artigos com maior quantidade de recomendações.



Fonte: elaborado pela autora.

3.3.2.2 Recomendações para a Macro fase Pré-desenvolvimento

A macro fase de pré-desenvolvimento visa garantir que o direcionamento estratégico definido pela empresa e o portfólio dos projetos sejam desenvolvidos (ROZENFELD *et al.*, 2006). A quantidade de recomendações para esta macro fase é limitada, conforme pode ser observado na Tabela 3.5. Essa limitação deve-se ao fato que a maior parte dos artigos científicos desta revisão aborda questões tecnológicas da IoT, e há uma lacuna de trabalho acadêmico sobre a IoT em um contexto de desenvolvimento de negócios (WHITMORE *et al.*, 2015). Isso explica a escassez de recomendações para o PDP IoT no nível estratégico.

(i) Planejamento Estratégico de Produtos

A fase de planejamento estratégico de produtos incorpora as decisões para obter um plano contendo o portfólio dos produtos da empresa a partir do Plano Estratégico da Unidade de Negócios (ROZENFELD *et al.*, 2006). Entre as recomendações indicadas na literatura foram identificados 10 artigos com 19 sugestões para o PDP IoT

nesta fase. Entre as atividades mais recomendadas estão a análise dos produtos atuais e a mudança de portfólio para produtos inteligentes (e.g., PORTER; HAPPELMANN, 2015; YU *et al.*, 2016). Gerpott e May (2016) sugerem que a integração de funcionalidades a partir de tecnologias da IoT em produtos existentes ou inovadores pode criar uma vantagem comparativa sobre os equivalentes não conectados. O valor agregado aos usuários, que é gerado pela IoT, depende da mudança originada pela funcionalidade (GERPOTT; MAY, 2016).

Tabela 3.5 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.

	Atividades**	Frequência	(%)*
Planejamento Estratégico de Produtos	Definir escopo da revisão do Plano Estratégico de Negócios (PEN)	0	0,0%
	Planejar atividades para a revisão do PEN	0	0,0%
	Consolidar Informações sobre tecnologia e mercado	2	0,1%
	Revisar o PEN	0	0,0%
	Analisar o Portfólio de Produtos da Empresa	8	0,5%
	Propor mudanças no portfólio de produtos	6	0,4%
	Verificar viabilidade do portfólio de produtos	3	0,2%
	Decidir início do planejamento de um produto do portfólio	0	0,0%
	Total	19	1,2%
	Planejamento do Projeto	Atividades**	Frequência
Definir interessados do projeto		1	0,1%
Definir escopo do produto		54	3,3%
Definir escopo do projeto		0	0,0%
Detalhar escopo do projeto		0	0,0%
Adaptar o modelo de referência		1	0,1%
Definir atividades e seqüência		0	0,0%
Preparar cronograma		1	0,1%
Avaliação de riscos		4	0,2%
Preparar orçamento do projeto		1	0,1%
Analisar a viabilidade econômica do projeto		1	0,1%
Definir indicadores de desempenho		0	0,0%
Definir plano de comunicação		0	0,0%
Planejar e preparar aquisições		0	0,0%
Preparar Plano de Projeto		0	0,0%
Total		63	3,9%

Fonte: elaborado pela autora.

*A porcentagem de cada atividade da fase é feita em relação ao total de 1627 recomendações obtidas na revisão sistemática de literatura para o PDP IoT. **As atividades do PDP foram retiradas no modelo de Rozenfeld et al. (2006).

(ii) Planejamento do Projeto

Na fase de planejamento do projeto é realizado o planejamento macro do projeto de um novo produto planejado no portfólio e ao final

tem-se o Plano de Projeto deste produto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Durante o planejamento do projeto é possível definir o escopo do produto e as diretrizes básicas que o produto deverá atender (ROZENFELD *et al.*, 2006). Para o produto inteligente a literatura reporta 54 recomendações para a atividade de definição do escopo do produto. Esta definição de escopo abrange não apenas a definição do escopo do produto física, voltada para a estrutura física do produto incluindo a parte de *hardware*, comum aos produtos tradicionais (PERERA *et al.*, 2014; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017; MAZZEI *et al.*, 2018). Para os produtos inteligentes, além disso a literatura orienta a definição do escopo do *software*, o qual está relacionado às plataformas, protocolos de comunicação, *softwares*, aplicativos (*e.g.*, MEYER *et al.*, 2009; HE; XU, 2015; DEUTER; RIZZO, 2016; MOURTZIS; VLACHOU, 2016; SAARIKKO *et al.*, 2017). E também orienta para a inclusão da definição do escopo do serviço associado ao produto inteligente (*e.g.*, HE; XU, 2015; PAGOROPOULOS *et al.*, 2017; TAKENAKA *et al.*, 2016). As 63 recomendações para esta fase indicadas foram identificadas em 34 artigos da literatura.

3.3.2.3 Recomendações para a Macrofase Desenvolvimento

A macrofase desenvolvimento concentra a maior quantidade de recomendações para o PDP IoT, conforme pode ser observado na Tabela 3.6. Entre as macrofase do modelo referencial de PDP é a mais extensa, pois apresenta cinco fases. Nessa macrofase são produzidas informações técnicas detalhas, de produção e comerciais relacionadas ao produto; há também o processo de manufatura do produto, comercialização e assistência técnica (ROZENFELD *et al.*, 2006).

(iii) Projeto Informacional

A fase de projeto informacional concentra atividades relacionadas à aquisição de informações levantadas no planejamento e em outras fontes e o desenvolvimento de um conjunto de informações com especificações, para atender aos requisitos do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Esta fase apresenta 10,6% das recomendações totais para o PDP IoT. As principais recomendações são para a atividade de detalhamento ciclo de vida do produto e definição dos clientes. A literatura sugere além do gerenciamento do ciclo de vida do produto, duas novas atividades o gerenciamento do ciclo de vida do *software* e do ciclo de vida do serviço (KIRITSIS *et al.*, 2014; KUBLER *et al.* 2015b; GOLOVATCHEV *et al.*, 2016, ELHARIRI ESSAMLALI *et al.*, 2017). Kiritsis (2011) propõe um novo conceito de arquitetura chamado de gerenciamento do ciclo de vida

do produto fechado, a fim de suportar o fluxo de informações dos produtos inteligentes ao longo de todo ciclo. Outra recomendação relevante para esta fase, ao definir os requisitos do produto, deve-se considerar os requisitos do *software* e do serviço (e.g., KARKI *et al.*, 2015; YANG *et al.*, 2016; MAZZEI *et al.*, 2018).

Tabela 3.6 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.

		Atividades**	Frequência	(%)*
Projeto Informacional	Atualizar o Plano do Projeto Informacional		0	0,0%
	Revisar e Atualizar o Escopo do Produto		0	0,0%
	Detalhar ciclo de vida do produto e definir seus clientes		69	4,2%
	Identificar os requisitos dos clientes do produto		8	0,5%
	Definir requisitos do produto		15	0,9%
	Definir requisitos do <i>software</i>		25	1,5%
	Definir requisitos do serviço		13	0,8%
	Definir especificações meta do produto		11	0,7%
	Definir especificações meta do <i>software</i>		22	1,4%
	Definir especificações meta do serviço		9	0,6%
	Monitorar a viabilidade econômico-financeira do produto		0	0,0%
	Avaliar fase		0	0,0%
	Aprovar fase		0	0,0%
	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas		0	0,0%
Total			172	10,6%
		Atividades**	Frequência	(%)*
Projeto Conceitual	Atualizar o Plano do Projeto Conceitual		0	0,0%
	Modelar funcionalmente o produto		47	2,9%
	Desenvolver princípios de solução para as funções		10	0,6%
	Desenvolver as alternativas de solução para o produto		0	0,0%
	Definir arquitetura para o produto		150	9,2%
	Analisar Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC)		2	0,1%
	Definir ergonomia e estética		1	0,1%
	Definir fornecedores e parcerias de co-desenvolvimento		15	0,9%
	Selecionar a concepção do produto		0	0,0%
	Planejar o processo de manufatura macro/Definir plano macro de processo		85	5,2%

Continua

Continuação da Tabela 3.6 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.

	Atividades**	Frequência	(%)*
Projeto Conceitual	Atualizar estudo de viabilidade econômica	0	0,0%
	Monitorar a viabilidade econômico-financeira do produto	1	0,1%
	Avaliar fase	0	0,0%
	Aprovar fase	0	0,0%
	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	0	0,0%
	Total	311	19,1%
Projeto Detalhado	Atividades**	Frequência	(%)*
	Atualizar o Plano do Projeto Detalhado	0	0,0%
	Criar e detalhar SSCs, documentação e configuração	4	0,2%
	Decidir por fazer ou comprar SSC	0	0,0%
	Desenvolver fornecedores	13	0,8%
	Planejar o processo de fabricação e montagem	87	5,3%
	Projetar recursos de fabricação	62	3,8%
	Avaliar SSCs, configuração e documentação do produto e processo	5	0,3%
	Otimizar Produto e Processo e <i>Software</i>	58	3,6%
	Criar material de suporte do produto	1	0,1%
	Projetar embalagem	0	0,0%
	Planejar fim de vida do produto	5	0,3%
	Testar e Homologar produto	1	0,1%
	Enviar documentação do produto a parceiros	0	0,0%
	Monitorar a viabilidade econômico-financeira do produto	1	0,1%
	Avaliar fase	0	0,0%
	Aprovar fase	0	0,0%
	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	0	0,0%
Total	237	14,6%	
Preparação da Produção do produto	Atividades**	Frequência	(%)*
	Obter recursos de fabricação	2	0,1%
	Planejar produção piloto	2	0,1%
	Receber e instalar recursos	0	0,0%
	Produzir Lote Piloto	1	0,1%
	Homologar processo	0	0,0%
	Otimizar produção	59	3,6%
	Certificar produto	0	0,0%
	Desenvolver processo de produção	80	4,9%
	Desenvolver processo de manutenção	40	2,5%
	Ensinar pessoal	3	0,2%
	Monitorar a viabilidade econômico-financeira	3	0,2%
Avaliar fase	0	0,0%	

Continua

Continuação da Tabela 3.6 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.

Preparação da Produção do produto	Atividades**	Frequência	(%)*
	Aprovar fase- liberar produção	0	0,0%
Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	0	0,0%	
Total	190	11,7%	
Lançamento do Produto	Atividades**	Frequência	(%)*
	Planejar lançamento	1	0,1%
	Desenvolver o processo de vendas	11	0,7%
	Desenvolver o processo de distribuição	50	3,1%
	Desenvolver o processo de atendimento ao cliente	14	0,9%
	Desenvolver processo de assistência técnica	3	0,2%
	Promover marketing de lançamento	3	0,2%
	Lançar produto	0	0,0%
	Gerenciar lançamento	2	0,1%
	Atualizar plano de fim de vida	0	0,0%
	Monitorar a viabilidade econômica-financeira	0	0,0%
	Avaliar fase	1	0,1%
	Aprovar fase	0	0,0%
	Documentar as decisões tomadas e registrar lições aprendidas	0	0,0%
	Total	85	5,2%

Fonte: elaborado pela autora

*A porcentagem de cada atividade da fase é feita em relação ao total de 1627 recomendações obtidas na revisão sistemática de literatura para o PDP IoT. **As atividades do PDP foram retiradas no modelo de Rozenfeld et al. (2006).

(iv) Projeto Conceitual

As atividades que fazem parte da fase de projeto conceitual relacionam-se com a busca, criação, representação e seleção de soluções para o projeto do produto. Há nesta fase a modelagem de funcionamento do produto, com funções técnicas, estruturais, comunicativas (ROZENFELD *et al.*, 2006). A atividade principal desta fase em termos de recomendações, que representa 9,2% do total, é a atividade de definição da arquitetura do produto (PERERA *et al.*, 2014; AL-DULAIMI, COSMAS, 2016; LYU *et al.*, 2017). A literatura recomenda que ao definir-se a arquitetura física do produto, também sejam definidas a arquitetura do *software* e a arquitetura do serviço (BOUGDIRA *et al.*, 2016; HOLLER *et al.*, 2016; TAKENAKA *et al.*, 2016). As orientações para definição de *software* estão direcionadas para a arquitetura dos aplicativos (TAN *et al.*, 2017), de plataformas (THAMES; SCHAEFER, 2016), de protocolos de comunicação voltada para os dispositivos IoT (FRAMLING; MAHARJAN, 2013; RAHMAN; SHAH, 2016). As

principais orientações direcionadas para a arquitetura de serviços estão direcionadas para a *cloud computing* (e.g., QIN *et al.*, 2017; MARILUNGO *et al.*, 2017; REN *et al.*, 2017). Nesta fase outra atividade relevante em termos de recomendações é o planejamento do processo de manufatura, representando 5,2% das recomendações. Esse valor é justificado uma vez que metade dos artigos desta revisão de literatura está classificado na categoria de manufatura inteligente (e.g., LEE *et al.*, 2013; DO, 2017; GEORGAKOPOULOS *et al.*, 2016; NEUGEBAUER *et al.*, 2016).

(v) Projeto Detalhado

A partir das informações levantadas na fase anterior, a fase de projeto detalhado tem como objetivo criar e detalhar os Sistemas, Subsistemas e Componentes (SSC), decidindo comprar ou fazer, desenvolver fornecedores. Em paralelo planeja-se o processo de fabricação e montagem (ROZENFELD *et al.*, 2006). Entre as atividades mais recomendadas estão o planejamento do processo de fabricação e montagem (5,3%) e projeto dos recursos de fabricação (3,8%). Os autores sugerem estas recomendações considerando as alterações como a virtualização dos recursos de fabricação e a disponibilização de serviços na *cloud manufacturing* (e.g., MOURTZIS *et al.*, 2016; ZANG *et al.*, 2016; ADAMSON *et al.*, 2017; REN *et al.*, 2017; ZHONG *et al.*, 2017). As recomendações também se concentram na atividade de otimização do produto e do processo (e.g., ZUEHLKE, 2010; ENGELHARDT; REINHART, 2012; PISCHING *et al.*, 2016; QIN *et al.*, 2017). As tecnologias IoT possibilitam essa otimização do desempenho do processo ao transformar a indústria em manufatura preditiva, de modo que os dados podem ser sistematicamente processados em informações as quais permitem que as máquinas e sistemas tenham recursos ‘autoconscientes’ (LEE *et al.*, 2013). Os dados de uso do usuário de produtos que já estão no mercado também podem ser repassados para as equipes de design, fabricação e vendas para otimização produtos em produção (LYU *et al.*, 2017).

(vi) Preparação da Produção do Produto

A fase de preparação da produção do produto envolve a produção do lote piloto e a definição dos processos de produção e manutenção (ROZENFELD *et al.*, 2006). A maioria das recomendações está direcionada para as atividades de desenvolvimento do processo de produção (4,9%) e o desenvolvimento processo de manutenção (2,5%). Para as máquinas inteligentes recomenda-se a manutenção preditiva, a qual é baseada na coleta e na interpretação dos dados em relação ao desempenho da máquina para tomada de decisão (e.g., SCHROEDER *et*

al., 2016; TERRISSA *et al.*, 2016; RYMASZEWSKA *et al.*, 2017; THOBEN *et al.*, 2017).

(vii) Lançamento do Produto

A fase de lançamento do produto objetiva colocar o produto no mercado e fazer cumprir o plano de marketing (ROZENFELD *et al.*, 2006). Entre as recomendações indicadas na literatura, 3,1% estão direcionadas para a atividade de desenvolvimento do processo de distribuição (*e.g.*, YAN; HUANG, 2008; WANG; CHEN, 2013; XIA *et al.*, 2016). Os autores sugerem principalmente o rastreamento e a autenticação dos produtos e o gerenciamento de cadeia de suprimentos baseado em RFID (XU *et al.*, 2011; LI, 2013), WSN (Wireless Sensor Network) (CHEN, 2015; MOURTZIS; VLACHOU, 2016) e na utilização do EPC (*Electronic Product Code*) (XU *et al.*, 2011; YAN *et al.*, 2016). Outra atividade relevante para a fase é o processo de atendimento ao cliente (*e.g.*, PORTER; HAPPELMANN, 2015; PARRY *et al.*, 2016; VERHOEF *et al.*, 2017; WAIBEL *et al.*, 2017). Os autores sugerem esta recomendação baseado no uso de aplicativos para avaliar o comportamento do usuário em relação ao produto (VERHOEF *et al.*, 2017), a utilização de plataforma colaborativa para cliente (MEHRSAI *et al.*, 2014), entre outros.

3.3.2.4 Recomendações para a Macro fase de Pós-desenvolvimento

A macro fase de pós-desenvolvimento compreende a retirada sistemática do produto do mercado e, finalmente, uma avaliação de todo o ciclo de vida do produto (ROZENFELD *et al.*, 2006). Proporcionalmente esta macro fase representa 33,8% de todas as recomendações da literatura para o PDP IoT, conforme pode ser observado na Tabela 3.7

(viii) Acompanhar Produto e Processo

A fase de acompanhar produto e processo visa garantir o acompanhamento do desempenho do produto na produção e no mercado (ROZENFELD *et al.*, 2006). As recomendações relacionadas à atividade de monitoramento do desempenho do produto superam todas as demais as fases do PDP em termos de quantidade, representando 30,3% de todas as atividades. Em termos de monitoramento os autores sugerem o monitoramento do desempenho de coleta, transmissão e análise de dados (*e.g.*, YAN; HUANG, 2008; SUN *et al.*, 2011; MEHRSAI *et al.*, 2014; DAWID *et al.*, 2017). Também orientam quanto ao rastreamento de uso do produto, do *software* e dos serviços (*e.g.*, KIRITSIS *et al.*, 2014;

CHEN, 2015; HEHENBERGER *et al.*, 2016; WIELKI, 2017). O monitoramento permite que empresas rastreiem as características operacionais e o histórico do produto e entendam como é utilizado pelo cliente (*e.g.*, PORTER; HAPPELMANN, 2014). Os dados minerados agregam valor para o cliente, pois possibilitam melhorias e otimização do produto (LYU *et al.*, 2017), segmentação de clientes; personalização de produtos e serviços (PORTER; HEPPELMANN, 2015; YU; YANG, 2016); pacotes de serviços pós-vendas (PORTER; HEPPELMANN, 2014).

Tabela 3.7 - Porcentagem de recomendações por atividade em relação ao total global do PDP.

	Atividades**	Frequência	(%)*
Acompanhar Produto e Processo	Avaliar satisfação do cliente	26	1,6%
	Monitorar desempenho do produto (técnico, econômico, de produção e de serviços)	493	30,3%
	Realizar auditoria pós-projeto	0	0,0%
	Registrar lições aprendidas	0	0,0%
	Total	519	31,9%
Descontinuar Produto no Mercado	Atividades**	Frequência	(%)*
	Analisar e aprovar descontinuidade do produto	0	0,0%
	Planejar a descontinuidade do produto	14	0,9%
	Preparar o recebimento do produto	4	0,2%
	Acompanhar o recebimento do produto	2	0,1%
	Descontinuar a produção	4	0,2%
	Finalizar suporte ao produto	7	0,4%
	Avaliação geral e encerramento do projeto	0	0,0%
Total	31	1,9%	

Fonte: elaborado pela autora.

*A porcentagem de cada atividade da fase é feita em relação ao total de 1627 recomendações obtidas na revisão sistemática de literatura para o PDP IoT. **As atividades do PDP foram retiradas no modelo de Rozenfeld et al. (2006).

(ix) Descontinuar Produto no Mercado

A fase de descontinuidade do produto no mercado objetiva suspender o produto quando este não apresenta mais vantagens e importância do ponto de vista econômico e estratégico (ROZENFELD *et al.*, 2006). As principais recomendações estão voltadas para a atividade de planejamento da descontinuidade do produto (*e.g.*, YAN; HUANG, 2008; KIRITSIS, 2011; FANG *et al.*, 2016; DEUTER; RIZZO, 2016). Os dados gerados pelos produtos inteligentes reduzem a incerteza relacionada aos volumes e variedade na cadeia reversa, relacionada com o fim da vida do produto (PARRY *et al.*, 2016). Xu *et al.* (2011) apresenta

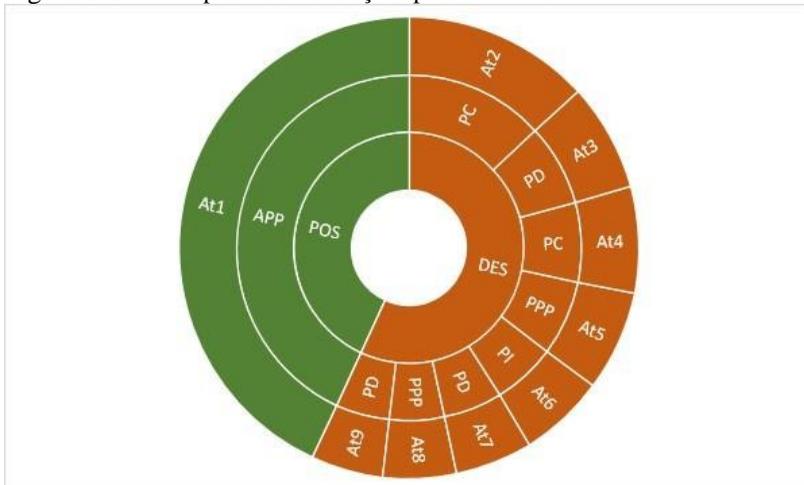
o conceito de Cadeia de Suprimentos Reversa Inteligente (SRSC), que é uma cadeia reversa baseada na IoT. Com as plataformas de comunicação IoT, os consumidores e fornecedores podem ser melhor orientados quanto às opções de fim de uso: revenda, troca, retomo e sucata (KIRISTIS, 2011; PARRY *et al.*, 2016). Como os dados são de propriedade do consumidor, a negociação para acesso a esses dados demonstra potencial para surgimento de novos modelos de negócios, com a comercialização desses dados por meio de uma plataforma online, pelo consumidor para as empresas (PARRY *et al.*, 2016).

3.3.2.5 Compilação das Principais Atividades Recomendadas

A partir dos resultados encontrados na pesquisa foi realizada uma compilação com as principais recomendações para o PDP IoT que correspondem a 70,3% de todas as recomendações da literatura (Figura 3.6)^[1].

A atividade de monitoramento do desempenho do produto (At1) corresponde a 30,3% de todas as recomendações da literatura para o PDP IoT, sendo a mais importante para ser implementada. As demais atividades mais recomendadas estão na macro fase de desenvolvimento e estão relacionadas com a arquitetura IoT do produto (At2) e, sobretudo, com o planejamento e processo de produção (At3, At4, At5, At7, At8, At9).

Figura 3.6 - Principais recomendações para o PDP IoT.



Fonte: elaborado pela autora.

[1] Atividades: (At1) monitoramento do desempenho do produto, (At2) definição da arquitetura do produto, (At3) planejamento do processo de fabricação e montagem; (At4) planejamento do processo de manufatura macro; (At5) desenvolvimento do processo de produção, (At6) detalhamento do ciclo de vida do produto, (At7) projeção dos recursos de fabricação, (At8) otimização da produção, e (At9) otimização do produto e processo e *software*. Fases: (PI) projeto Informacional, (PC) projeto Conceitual, (PD) projeto detalhado (PPP), e preparação da produção do produto. Macro fases: (DES) desenvolvimento e (POS) pós-desenvolvimento.

3.4 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

O presente trabalho mapeou o estado da arte sobre as recomendações para o desenvolvimento de produto inteligentes. Com essas informações foi possível identificar as recomendações para o processo de desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT, aqui denominado de PDP IoT. Para alcançar este objetivo, foi realizada uma revisão sistemática de literatura que identificou 149 artigos para compor o portfólio de pesquisa. Foram identificadas 1627 recomendações, as quais foram analisadas segundo as atividades do modelo do PDP de Rozenfeld *et al.* (2006). Os resultados permitem avaliar quais as atividades mais relevantes e quais adaptações necessárias para cada fase do PDP IoT. Também foram apresentadas as publicações mais relevantes em termos de contribuições para o tema.

Este estudo tem como principal contribuição a organização de informações em torno das etapas do processo de desenvolvimento de produto, aqui nomeadas de recomendações, que estavam dispersas em diferentes áreas da literatura. A atividade de monitoramento do desempenho do produto corresponde a 30,3% de todas recomendações da literatura para o PDP IoT, sendo a mais importante para ser implementada. As demais atividades mais recomendadas estão na macro fase de desenvolvimento e estão relacionadas com a arquitetura IoT do produto e, sobretudo, com o planejamento e processo de produção. As atividades cuja frequência foi igual a zero indicam que possivelmente estas atividades não apresentam mudanças para o PDP IoT quando comparadas ao PDP tradicional.

Ao final desse estudo tem-se o PDP IoT de forma sistematizada, até então não disponível na literatura. A maior parte dos trabalhos sobre o tema está concentrada nos aspectos técnicos das tecnologias IoT, com pouco foco nas funcionalidades dos produtos inteligentes e menos ainda na gestão do processo de desenvolvimento. Outra parcela está voltada para os processos inteligentes específicos da manufatura, e não compreendem o processo de desenvolvimento de forma integrada. O PDP

IoT ainda recebe pouca atenção das publicações de áreas de Negócios, Gestão e Contabilidade (HOLLER *et al.*, 2016).

Os resultados deste trabalho também atingem contribuições teóricas e práticas. Este trabalho contribui para a literatura, uma vez que reúne recomendações dispersas em diferentes áreas do conhecimento. Em particular para a gestão de desenvolvimento do produto, este trabalho apresenta uma compilação das atividades para orientar a gestão do PDP orientados à IoT, até então não abordado integralmente e sistematizado na literatura. A partir desta publicação e das lacunas levantadas, novas pesquisas serão fomentadas para abordar essa temática. Como contribuição prática, este trabalho poderá orientar gestores no processo de adaptação do PDP tradicional aplicado nas empresas para PDP IoT. Este resultado também pode contribuir como mecanismo de apoio para as equipes de desenvolvimento quanto às decisões ao longo do ciclo de vida dos produtos inteligentes.

4 DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO NO CONTEXTO DA INTERNET DAS COISAS: O CASO DO MEDIDOR INTELIGENTE

Esse capítulo apresenta os a proposta de um medidor inteligente residencial assim como o estudo de mercado para sua configuração. Além disso, incorpora os resultados de dois estudos de mercado. O primeiro estudo apresenta a configuração adequada para o medidor inteligente focado na população da região de Florianópolis, estado de Santa Catarina (SC). O segundo estudo realiza uma pesquisa mais abrangente, incorporando respondentes do estado de Santa Catarina e explora configurações do medidor para cada segmento de mercado.

4.1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) inaugurou uma nova era em relação à conectividade entre as “coisas” (TAO *et al.*, 2016). Diferentemente dos produtos físicos tradicionais, a IoT engloba objetos físicos que são interconectados por meio de diferentes tipos de sistemas (por exemplo, mecânico, elétrico, computação e comunicação) (THAMES; SCHAEFER, 2016). A IoT transforma os objetos tradicionais em objetos inteligentes aplicando suas tecnologias subjacentes, como computação onipresente e difundida; dispositivos incorporados; tecnologias de comunicação; redes de sensores; protocolos de Internet e aplicativos (AL-FUQAHA *et al.*, 2015). Esses objetos inteligentes possuem sua própria identidade virtual e podem se comunicar com os clientes finais e com o ambiente local por meio de interfaces inteligentes (KIRITSIS, 2011).

A adoção de tecnologias IoT possibilitou muitos benefícios para a indústria, empresas e usuários, como monitoramento, controle, customização, predição, entre outros (PORTER; HEPPELMANN, 2014). Consequentemente, os dados gerados pelos dispositivos conectados agregam valor e soluções a todas as partes interessadas (NORONHA *et al.*, 2014). Devido aos benefícios das tecnologias IoT, suas aplicações estão difundidas em diferentes áreas de atuação, tais como, automotiva, companhias aéreas, assistência médica, serviços financeiros, telefonia móvel e indústrias de produtos eletrônicos de consumo (PORTER; HEPPELMANN, 2015; TAKENAKA *et al.*, 2016). Além disso, a literatura sugere que as tecnologias IoT apresentam grande potencial de aplicação para a automação residencial (BONINO *et al.*, 2012;

KHEDKAR; MALWATKAR, 2016), incluindo sua utilização em medidores residenciais (LLORET *et al.*, 2016; KAUR; KUMAR, 2018).

Um medidor residencial é usualmente empregado para monitorar o consumo de vários recursos domésticos, como energia (eletricidade), água e gás, de maneira a ajudar os usuários a controlar e reduzir a utilização desses (GERPOTT; PAUKERT, 2013; DAVIES *et al.*, 2014). Os medidores residenciais podem ser classificados de acordo com sua complexidade em quatro grupos principais, que são apresentados em ordem crescente de complexidade: (i) medidores convencionais; (ii) medidores avançados; (iii) medidores inteligentes; e (iv) medidores com Internet (DARBY, 2008). Todos os tipos de medidores podem medir o consumo, porém os medidores inteligentes apresentam vantagens sobre os medidores convencionais (SMWG, 2001), pois os primeiros permitem medir os sistemas de energia de forma mais eficiente e fornecem informações e serviços aos consumidores (LIENERT; CARSON, 2011). Os medidores inteligentes também permitem a comunicação bidirecional entre o consumidor e a concessionária, além de viabilizar a leitura do consumo de forma automatizada (CLIMATE GROUP, 2008; DARBY, 2008).

Já os medidores com *Internet* referem-se a medidores avançados ou inteligentes com a capacidade de se comunicar via Internet, permitindo transações on-line e serviços relacionados (DARBY, 2008; LIU *et al.*, 2017). Embora a literatura apresente algum consenso sobre a existência de diferentes níveis de complexidade de dispositivos, não há nenhuma convenção na classificação de medidores (SCHWARTZ *et al.*, 2015). Alguns autores utilizam medidores inteligentes e medidores com Internet como sinônimos (MCKENNA *et al.*, 2012; KRÜGER; LLORET *et al.*, 2016; TEUTEBERG, 2015). Para este estudo, o termo medidor inteligente foi selecionado, uma vez que é mais difundido na literatura e inclui dispositivos avançados, que incorporam a Internet.

Os medidores que incorporam Internet podem se comunicar com outros dispositivos conectados na residência ou em qualquer outro lugar (WEBB, 2008). Esses tipos de medidores contêm tecnologias IoT, como sinalizador Bluetooth, NFC (*Near-Field Communication*), RFID (*Radio-Frequency Identification*), entre outras (PAPAIOANNOU *et al.*, 2017). O controle de consumo é realizado em tempo real e pode ser acessado de qualquer lugar por meio de aplicativos móveis (ALAHMAD *et al.*, 2012). Considerando que os dados gerados podem exibir os padrões de consumo, essa informação tem o potencial de melhorar a detecção, atuação, comunicação, controle da geração e distribuição desses recursos pelas concessionárias (MARVIN *et al.*, 1999; CHERUKUTOTA; JADHAV,

2016). Além da análise dos dados dos consumidores resultar em um *feedback* preciso e instantâneo, também pode promover uma melhoria no controle do consumo de recursos domésticos (eletricidade, água e gás), implicando na redução da demanda e em mudanças de hábitos (MARVIN *et al.*, 1999; DARBY, 2006; DAVIES *et al.*, 2014; ALBANI *et al.*, 2017).

Segundo as Nações Unidas, o consumo global de energia crescerá 55% até 2030 enquanto que a produção de alimentos exigiu 50% a mais de água em 2015 (UN, 2014). Uma iniciativa de conscientização para o consumo seria a adoção de medidores inteligentes residências para melhorar o controle e a preservação desses recursos (MARVIN *et al.*, 1999; ALAHMAD *et al.*, 2012). No entanto, a utilização desses medidores não são uma realidade para os clientes residenciais no Brasil. Enquanto que em países como Austrália (AER, 2018), Grã-Bretanha (ANDERSON; WHITE, 2009; LIENERT; CARSON, 2011), Suécia (VASSILEVA *et al.*, 2012), as iniciativas de medidores inteligentes foram apresentadas pelas concessionárias, no Brasil, este tipo de dispositivo ainda não está disponível no mercado para a população, sendo que não foram localizadas iniciativas das concessionárias nesse sentido.

No Brasil, a leitura do consumo doméstico de eletricidade de baixa voltagem, água e gás ainda é realizada manualmente em cada ponto. Dessa forma, as concessionárias têm um alto custo para coletar dados de consumo, incluindo custos com funcionários e logística. Além disso, as concessionárias registram vários casos de perdas, devido a vazamentos, erros de medição, conexões ocultas, fraudes e falhas (FETTERMANN *et al.*, 2015; LLORET *et al.*, 2016). Além da dificuldade de controle da concessionária, os clientes enfrentam dificuldade em identificar sua própria quantidade individual de água consumida, pois na maioria dos prédios residenciais o consumo de água ainda não é individualizado por unidade. Nesses casos, o controle é centralizado em um medidor para todos os moradores.

Os estudos sobre as aplicações de medidores inteligentes não são um tema recente (OWEN; WARD, 2006; ALAHMAD *et al.*, 2012; KRÜGER; TEUTEBERG, 2015), sendo o estudo sobre o controle de energia mais difundido na literatura (SCHWARTZ *et al.*, 2015; ALBANI *et al.*, 2017). A pesquisa sobre a análise comportamental do consumo de água é mais recente (*e.g.*, STEWART *et al.*, 2013; SØNDERLUND *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2017), sendo considerado um campo relativamente novo de investigação (DAVIES *et al.*, 2014), registrando poucos estudos nessa área comparado com os de controle de energia (LIU *et al.*, 2016). Em relação ao monitoramento em tempo real do consumo de gás, foram encontrados estudos que associam o controle de gás com eletricidade

(e.g., VAN HOUWELINGEN; VAN RAAIJ, 1989; BONINO *et al.*, 2012; BUCHANAN *et al.* 2015).

Também se verifica um direcionamento de pesquisas sobre medição inteligente para as mudanças no comportamento do consumidor após o gerenciamento desses recursos domésticos pelo *device* e as alternativas de *feedback* disponibilizadas ao cliente (DARBY, 2006; FISCHER, 2008; EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010). No entanto, em muitos casos, os dispositivos não estão conectados à Internet sendo impossível fornecer a associação com outras fontes de dados (e.g., FISCHER, 2008; BUCHANAN *et al.* 2015; SØNDERLUND *et al.*, 2016). Além disso, a literatura retrata, principalmente, os aspectos da engenharia do dispositivo, e apenas alguns estudos buscam entender as configurações mais apropriadas dos medidores inteligentes para satisfazer as necessidades do cliente (KAUFMANN *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017).

O monitoramento integrado dos três recursos (energia, água e gás) ainda é analisado superficialmente nesses estudos (e.g., MARVIN *et al.*, 1999; DARBY, 2010; LLORET *et al.*, 2016). Não foram identificadas pesquisas voltadas para consumidores residenciais que consideram no mesmo medidor o controle dos três recursos. No entanto, essa integração é viável tecnicamente e poderia beneficiar tanto os clientes quanto as concessionárias (LLORET *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2017; STEWART *et al.*, 2018). Também não foram identificados estudos no Brasil relacionados às preferências dos clientes em relação à configuração adequada para os medidores residenciais inteligentes.

Neste estudo, os medidores inteligentes serão considerados aqueles que incorporam tecnologias IoT, que fornecem análise em tempo real e combinação dos dados de consumo de dados e, posteriormente, permitem um *feedback* mais organizado e personalizado para os usuários (LIU *et al.*, 2016). Entre as vantagens da incorporação da IoT nos medidores está o potencial de permitir grandes combinações de funções no produto (TSENG *et al.*, 2010; TAKENAKA, IDA, 2013). Além disso, as tecnologias IoT permitem a “personalização em massa” para o desenvolvimento de medidores inteligentes residenciais com base nos tipos de recursos domésticos controlados e as informações disponibilizadas, agregando valor ao usuário (ZHOU *et al.*, 2013; FETTERMANN; ECHEVESTE, 2014).

Diante do exposto, as próximas etapas deste trabalho têm como objetivos propor a configuração de um medidor inteligente de acordo com as preferências dos clientes e identificar a configuração dos medidores inteligentes para diferentes segmentos de mercado. Os resultados deste

estudo visam explorar a viabilidade de difusão do medidor inteligente residencial no país, e por consequência promover o consumo consciente e a redução do consumo, que pode atingir valores entre 5% e 15% (DARBY, 2006; DARBY, 2010). A literatura menciona que os clientes percebem um valor positivo na instalação dos medidores, muito em razão da possibilidade de maior controle do consumo, da identificação de fraudes e estímulo a redução do consumo, sendo verificada uma alta disponibilidade dos clientes residenciais em pagar pelo dispositivo (OWEN; WARD, 2006; EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010; ALBANI *et al.*, 2017). Por fim, a redução do consumo dos recursos apresenta potencial de amortizar os custos da implementação dos medidores (KAUFMANN *et al.*, 2013).

O presente capítulo está estruturado da seguinte forma. A seção a seguir descreve, resumidamente, os conceitos associados à economia no consumo dos recursos por meio da adoção do medidor inteligente e as diferentes alternativas de *feedback* deste consumo para o cliente. A seção 4.3 apresenta o método de pesquisa utilizado. Em seguida, a seção 4.4 e 4.5 apresentam os resultados dos modelos estimados nos Estudo 1 e 2 e a discussão dos mesmos com a literatura.

4.2 REFERENCIAL TEÓRICO

4.2.1 Economia – Eletricidade, Água e Gás

Diversos estudos mencionam a capacidade do uso dos medidores inteligentes em induzir a economia dos recursos domésticos, tais como energia, água e gás (*e.g.*, POORTINGA *et al.*, 2003; EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010; VASSILEVA *et al.*, 2013). No entanto, esses estudos não se distribuem igualmente entre esses recursos (GANS *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2017). Se verifica uma concentração de pesquisa sobre medidores inteligentes relacionada com consumo de energia (DARBY, 2006), uma vez que tecnologias e políticas para energia são mais desenvolvidas (DAVIES *et al.*, 2014; LLORET *et al.*, 2016). Dentre estes estudos, diversos analisam conjuntamente o consumo de eletricidade e gás (*e.g.*, VAN HOUWELINGEN; VAN RAAIJ, 1989; BONINO *et al.*, 2012; BUCHANAN *et al.* 2015). Entretanto, não foram identificados na literatura estudos que abordem o monitoramento em tempo real e alternativas de *feedback* para o consumo de gás. Já a pesquisa sobre o efeito do uso do medido residencial sobre o comportamento do cliente frente ao consumo de água é mais recente (*e.g.*, STEWART *et al.*, 2013; SØNDERLUND *et al.*, 2016; LIU *et al.*, 2017), sendo em sua maioria

desenvolvida na Austrália (e.g., MARCH *et al.*, 2017; LIU; MUKHEIBIR, 2018).

Os resultados sobre as economias obtidas por meio da implementação de medidores inteligentes podem diferir dependendo de vários fatores (ALAHMAD *et al.*, 2012). Os fatores mencionados pela literatura são mostrados no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 - Fatores que interferem nas economias a partir de medidores inteligentes.

Fatores	Descrição
Diferentes localizações	Os programas de utilização de medidores inteligentes entre 1990 e 2000 na Europa Ocidental geraram economias de energia médias mais consideráveis que nos Estados Unidos, 10,5% versus 7,4%, respectivamente (EHRHARDT-MARTINEZ <i>et al.</i> , 2010).
Tipos de recursos	Os valores da economia a partir do uso do medidor podem diferir dependendo se o recurso é energia ou água, por exemplo. Em um artigo de revisão, Darby (2006) apresentou resultados de economia de energia com variação de taxa entre 5 e 15%. Em outro estudo Sönderlund <i>et al.</i> (2016) registrou que a economia de água variou entre 2,5 e 28,6%, com uma média de 12,15%.
Tipos de feedback	O tipo de <i>feedback</i> fornecido pelo medidor apresenta efeito direto na economia dos recursos (VASSILEVA <i>et al.</i> , 2012). Foram registradas economias entre 5 e 15% e 0 e 10% para <i>feedback</i> direto e indireto, respectivamente (DARBY, 2006).
Tamanho da amostra	Na literatura, as economias obtidas por meio da utilização do medidor baseadas em pequenas amostras apresentaram resultados diferentes em comparação com amostras maiores (DARBY, 2006).
Duração do estudo	Os resultados da economia dos recursos obtida por meio das mudanças de comportamento, após a adoção de medidores inteligentes, podem ser considerados mais significativos para estudos de curta duração comparados a estudos de longa duração (e.g., KÖHLER, 2017).
Fatores socio-demográficos	Um estudo realizado em uma grande amostra de residências na Suécia identificou que características socioeconômicas, como idade, tipo de moradia e renda, são aspectos fortemente relevantes para a economia de energia obtida por meio do uso do medidor inteligente (MARTINSSON <i>et al.</i> , 2011).

Fonte: elaborado pela autora.

Apesar dos diferentes fatores que interferem na economia, a literatura menciona o potencial que o monitoramento do consumo por meio de medidores inteligentes possibilita a redução do uso dos recursos residenciais (EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010). Um levantamento de estudos sobre o controle de recursos domésticos realizados por medidores inteligentes é apresentado na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Resultados de economias obtidas após a implantação de medidores inteligentes.

Localização	Autores	Tipo de recursos	Tamanho da pesquisa	Período de coleta de dados	Economia
Inglaterra	Darby (2006)	Energia	Diferentes estudos (*)	-	5 - 15%
USA	Ehrhardt-Martinez <i>et al.</i> (2010)	Energia	Diferentes estudos (*)	-	9% - 12%
USA	Alahmad <i>et al.</i> (2012)	Energia	151 residências	30 dias depois da instalação	12%
Suécia	Vassileva <i>et al.</i> (2012)	Energia	2000 residências	2007-2010	15%
Irlanda do Norte	Gans <i>et al.</i> , (2013)	Energia	45.000 moradores	1990-2009	alguns anos 10 - 13% / todo período - 18%
			1923 participante s residindo em 630 residências		todo período - 6.8% / Últimos 3 anos - 6.4%
Austrália	Davies <i>et al.</i> (2014)	Água	1923 participante s residindo em 630 residências	2009-2010	6.8% / Últimos 3 anos - 6.4%
Austrália	Liu; Mukheibir (2018)	Água	Diferentes estudos (*)	-	4.2% à 8.5%
Reino Unido	Mogles <i>et al.</i> (2017)	Energia/ Gás	73 residências	2014-2016	22.0%

Fonte: elaborado pela autora. (Não é possível especificar o tamanho da pesquisa, pois este artigo refere-se a resultados de diferentes estudos realizados)

O levantamento acima indica um maior foco no monitoramento de energia, além da falta de consenso em relação ao percentual de economia dos recursos obtidos por meio da instalação do medidor inteligente. A literatura aponta que não há um valor único de economia em relação a esses recursos, e os valores diferem considerando a amostra analisada, o país estudado, o recurso monitorado, o tipo de *feedback* entre outros.

A economia obtida após a implementação de medidores inteligentes de energia pode atingir percentuais entre 5% e 18% (Tabela 4.1). No entanto, os resultados alcançados com o medidor inteligente de água demonstram valores menores, entre 4,2% e 8,5% (LIU; MUKHEIBIR, 2018). Uma vez que a maioria dos estudos encontrados na literatura sobre o gás estão incorporados à energia (eletricidade), foi identificada apenas uma análise quantitativa sobre o consumo de gás, que corresponde a 22% de economia (MOGLES *et al.*, 2017). Apesar de todos os fatores que interferem nos valores de economia, esses levantamentos

têm em comum a associação de medidores inteligentes com diferentes tipos de *feedback*, e resultados consistentes de economia para um curto período de tempo (DARBY, 2006; EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010 ALAHMAD *et al.*, 2012). Dessa forma, se verifica um potencial de aplicação do medidor inteligente de água em situações urgentes, como no caso de uma seca, em que poderia ser utilizado para reduzir a quantidade de demanda doméstica de água (LIU *et al.*, 2017).

Apesar dos resultados positivos, a maior parte da literatura evidencia que os valores de economia não se sustentam por muito tempo após a implementação do medidor inteligente (EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010; ALAHMAD *et al.* 2012; SCHULTZ *et al.*, 2015; WEMYSS *et al.*, 2019). Estudos envolvendo *feedback* associados à medidores inteligentes descreveram os moradores perdendo entusiasmo e interesse ao longo do tempo e diminuindo a taxa de economia (LIU *et al.*, 2017; OWEN; WARD, 2006). Entre as causas deste comportamento podem ser mencionadas algumas falhas na compreensão do efeito dos diferentes tipos de *feedback* sobre a taxa de economia, como a incompreensão na informação analítica sobre o consumo e custos financeiros, pelos usuários; usuários não engajados; informação não apropriada de acordo com o perfil do cliente (BUCHANAN *et al.*, 2014).

O *feedback* associado ao medidor inteligente isolado não é suficiente para modificar o comportamento dos clientes (DARBY, 2010). Recomenda-se associar o *feedback* de consumo a outras ferramentas, como políticas tradicionais de incentivos econômicos; políticas de preços e regulamentação (GANS *et al.*, 2013; VASSILEVA *et al.*, 2013). Somase a estas, estratégias para melhoria da eficiência energética e sustentabilidade ambiental que podem ser usadas para incentivar a mudança de comportamento (ZHOU; YANG, 2016). Quanto ao maior engajamento dos consumidores, também é indicado o alinhamento com programas de educação (GERPOTT; PAUKERT, 2013; DAVIES *et al.*, 2014). Por fim, alguns autores mencionam que as preferências do consumidor devem ser consideradas na seleção do tipo de *feedback* das informações de consumo (FISCHER, 2008; VASSILEVA *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017). Esta customização do *feedback* pode ser atingida por meio da incorporação das tecnologias IoT nos medidores inteligentes (FORD *et al.*, 2017). Além de individualizar o *feedback*, o monitoramento em tempo real tende a gerar as maiores economias para as residências (KARLIN *et al.*, 2014) e a alcançar efeitos de economia mais duradouros (VASSILEVA *et al.*, 2012).

4.2.2 *Feedback* associado a medidores inteligentes

Feedback é a informação sobre o consumo atual de recursos pelo usuário que é coletado de alguma forma e devolvido ao consumidor (KARLIN *et al.*, 2014). O *feedback* obtido a partir do medidor inteligente torna os recursos, como energia, água e gás, mais visíveis e controláveis, levando a uma mudança no comportamento do cliente e à redução do consumo (KAUFMANN *et al.*, 2013; DARBY, 2006; LIU *et al.*, 2016; LIU; MUKHEIBIR, 2018). Para tal, o desenvolvimento de medidores inteligentes deve considerar as diferentes formas de *feedback*, como o *feedback* direto e o *feedback* indireto (DARBY, 2006).

O *feedback* indireto se refere a informações processadas e fornecidas após o consumo ocorrer (por exemplo, contas de energia, ferramentas de “auditoria residencial de energia”, relatórios com *feedback* diário/semanal da concessionária) (FISCHER, 2008; KARLIN *et al.*, 2014). Em contrapartida, o *feedback* direto permite o acompanhamento em tempo real de cada um dos recursos medidos (por exemplo, *in-home display*, aplicativos de *smartphones*, aplicativos da *web*) (STEIN; ENBAR, 2006; ANDERSON; WHITE, 2009). Portanto, o total de economia depende da forma adequada de *feedback*, para que o usuário final obtenha maior redução do consumo e efeitos de longa duração (DARBY, 2006; EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010; VASSILEVA *et al.*, 2012).

Os primeiros estudos sobre o efeito de diferentes tipos de *feedback* associados a medidores inteligentes começaram com o monitoramento de energia, na década de 1970. Essas pesquisas foram realizadas principalmente por psicólogos, que estabeleceram que o *feedback* poderia ter efeitos mensuráveis sobre o comportamento do cliente, pelo menos a curto prazo (DARBY, 2006; ALAHMAD *et al.*, 2012). Nas últimas décadas, os autores discutiram em seus estudos principalmente as características e as tecnologias envolvidas nos diferentes tipos de *feedback* (STEIN; ENBAR, 2006; KARLIN *et al.*, 2014). Essas pesquisas têm por característica utilizar amostras maiores e abranger estudos de longo prazo, patrocinados principalmente por concessionárias, fornecedores e governos (DARBY, 2006; KARLIN *et al.*, 2014; BEAL; FLYNN, 2015).

Em relação ao efeito do *feedback* associado ao medidor inteligente que monitore conjuntamente energia, água e gás, há na literatura algumas contribuições sobre esse tema (*e.g.*, ALAHMAD *et al.*, 2012; LLORET *et al.*, 2016). No entanto, não foram identificados estudos quantitativos que mensurem o efeito de monitorar esses recursos conjuntamente. Por

outro lado, os estudos sobre o uso do *feedback* em tempo real fornecido pelo medidor inteligente aumentaram ao longo dos anos (BONINO *et al.*, 2012; GIORDANO; FULLI, 2012; LIU; MUKHEIBIR, 2018), no entanto, as pesquisas de *feedback* associadas à Internet para os medidores inteligentes de água e gás continuam pouco abordadas em comparação com as que incorporam energia (LIU *et al.*, 2017).

O *feedback* em tempo real viabiliza o surgimento de novas funcionalidades para os medidores inteligentes (MEHRSAI *et al.*, 2014; PORTER; HEPPELMANN, 2015), além de produtos e serviços customizados (KAUFMANN *et al.*, 2013; LIU *et al.*, 2017), como serviços preditivos e proativos (CHERUKUTOTA; JADHAV, 2016). Esse tipo de *feedback* permite a combinação de dados do perfil do consumidor com dados históricos de consumo, com dados de consumo de vizinhança (DARBY, 2006; FISCHER, 2008; VASSILEVA *et al.*, 2012) e com informações sobre o ambiente, como previsão do tempo (GANS *et al.*, 2013, LIU *et al.*, 2016). Além disso, os usuários podem receber alertas, dicas e incentivos de acordo com o seu perfil e nível de conhecimento (VASSILEVA *et al.*, 2012). Essas mensagens enviadas podem estar relacionadas não apenas a kWh, litro / hora, emissões de CO₂, ou economias financeiras, mas também a ganhos ambientais ou outros valores pessoais. (MOGLES *et al.*, 2017).

Além da precisão das informações fornecidas pelos diferentes tipos de *feedback* associado ao medidor inteligente, a literatura menciona a importância de como apresentar essas informações aos usuários (ANDERSON; WHITE, 2009; STEWART *et al.*, 2013; SCHWARTZ *et al.*, 2015). Segundo Albani *et al.* (2017), essas informações podem estar disponíveis por meio de *in-home display*, de aplicativo móvel, de página na web. Estudos relatam redução do consumo após a adoção de *in-home display* (FARUQUI *et al.*, 2010; STEWART *et al.*, 2013; DAVIES *et al.*, 2014). No entanto, a redução do consumo mostrou-se mais eficaz quando a exibição desse dispositivo foi associada ao uso de mensagens normativas e instrutivas no display (SCHULTZ *et al.*, 2015). Para os usuários, também é importante haver uma meta de economia fixada semanalmente e mensalmente em exposição no display (BONINO *et al.*, 2012; SCHULTZ *et al.*, 2015). Estudos mostram que a localização do display também pode impactar na utilização do dispositivo (ANDERSON; WHITE, 2009; DAVIES *et al.*, 2014). Segundo Bonino *et al.* (2012), a exibição mais efetiva do display seria na cozinha ou no saguão da residência (BONINO *et al.*, 2012).

Entretanto, não há consenso em relação a eficácia dos *in-home display*, visto que as economias são consideradas pequenas (MOGLES *et*

al., 2017). Uma alternativa para melhorar o *feedback* do medidor é a utilização de aplicativos móveis, que permitem ao consumidor acompanhar as informações sobre o consumo de qualquer lugar, a qualquer hora, e não é necessário estar fisicamente na residência (CHERUKUTOTA; JADHAV, 2016; LIU; MUKHEIBIR, 2018). O aplicativo possibilita o gerenciamento e a configuração de dados de acordo com o perfil do cliente, permitindo um *feedback* mais avançado (MOGLES *et al.*, 2017). Sua utilização ainda propicia no mesmo aparelho o controle integrado de diferentes recursos domésticos (LLORET *et al.*, 2016). Outra vantagem é que a interface do aplicativo permite uma estrutura de gamificação e interação com diferentes redes sociais (PAPAIOANNOU *et al.*, 2017; WEMYSS *et al.*, 2019). Ademais, o mesmo *software* do aplicativo pode ser atualizado e incorporar, por exemplo, o sistema de automação residencial e se comunicar com todos os outros dispositivos inteligentes na residência (GUANG *et al.*, 2017).

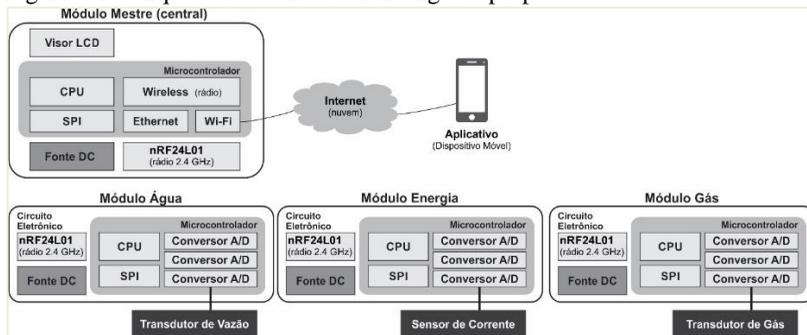
4.2.3 Arquitetura do Medidor Inteligente

Neste trabalho é proposta uma arquitetura modular para um medidor inteligente, de acordo com recomendações da literatura para produtos que incorporam tecnologias IoT (MEHRSAI *et al.*, 2014; PORTER; HEPPELMANN, 2015). O produto proposto possui três diferentes funcionalidades, que são monitoramento do consumo de (i) energia, (ii) água e (iii) gás. Dessa forma nesta configuração de produto cada recurso possui seu módulo próprio, chamado de módulo escravo. Além disso, existe um módulo mestre que controla todos os módulos escravos. Assim, o cliente pode configurar seu dispositivo de acordo com as funções que mais agregam valor para seu uso (HËMILA, 2015; MANI; CHOUK, 2017).

O design do medidor inteligente considera a configuração técnica com melhor custo benefício. O sistema de monitoramento é composto por um arduíno baseado em uma tecnologia wireless mestre-escravo (ISLAM *et al.*, 2016). Cada módulo escravo possui um micro controlador (arduíno) e uma fonte de tensão como padrão (BEROUINE *et al.*, 2017). Os módulos escravos se diferenciam pelo tipo de sensor incorporado, de acordo com o recurso a ser medido. Para o módulo de água, a medição é realizada por um transdutor de fluxo, para o módulo de energia por um sensor de corrente e para o módulo de gás por um sensor de corrente, (Figura 4.1). Os módulos escravos são conectados por meio de comunicação wireless, NRF24L01, que é um módulo de rede sem fio para a plataforma arduíno. O módulo mestre pode ser conectado ao dispositivo

móvel também utilizando tecnologia de comunicação wireless. Toda a quantidade de dados é armazenada na nuvem de acordo com a recomendação de Lloret *et al.* (2016).

Figura 4.1 - Arquitetura do medidor inteligente proposto.



Fonte: elaborado pela autora.

4.3 METODOLOGIA

Este trabalho é dividido em dois estudos. O Estudo 1 analisa os resultados de uma pesquisa de mercado realizada na região metropolitana de Florianópolis, Santa Catarina, estado do sul do Brasil, cuja amostra é formada por 202 respondentes. O Estudo 2 expande a mesma pesquisa para todo o Estado de Santa Catarina, e analisa uma amostra de 277 respondentes. Neste segundo estudo se busca segmentar os consumidores de acordo com as suas características habitacionais, para tal é utilizada a abordagem *forward post-hoc*. Ambos estudos utilizam pesquisa de mercado baseada na técnica de Análise Conjunta Baseada em Escolha (*Conjoint Analysis Choice-Based - CACB*) para avaliar a configuração do medidor inteligente que melhor atende os consumidores. A arquitetura do medidor inteligente utilizada para identificar os cenários de escolha da CACB é a mesma em ambos estudos, conforme apresentada na seção 4.2.3. A estimação dos modelos de ambos estudos é realizada por meio de análise de regressão logística em razão das características dos dados da pesquisa (CACB).

Antes de apresentar as características particulares de cada estudo, esta seção de metodologia apresenta as técnicas de análise conjunta, os atributos analisados e as variáveis moderadoras comuns às duas pesquisas.

4.3.1 Análise Conjunta

A análise conjunta pode ser descrita como um método de pesquisa de mercado que utiliza conceitos de design de experimentos e análise de regressão com o objetivo de estimar a preferência do consumidor sobre vários atributos de um produto (GREEN *et al.*, 2001). Dentre os diferentes métodos de análise conjunta, a CBCA é o mais abordado na literatura (MAHMOODI *et al.*, 2018). O CBCA é baseado na seleção de produtos preferidos entre diversas alternativas (cenários). Como nem todas as características do produto serão ótimas nas opções disponíveis, os usuários precisam priorizar um atributo em relação ao outro (MOORE *et al.*, 1999). O objetivo da pesquisa é guiar os respondentes na seleção da configuração dos atributos do produto que melhor atende aos seus requisitos.

Diversos estudos utilizam a técnica de Análise Conjunta para verificar o comportamento dos moradores em relação à economia de recursos domésticos (*e.g.*, POORTINGA *et al.*, 2003; TANAKA; IDA, 2013; DHARSHING; HILLE, 2017). Entretanto, os poucos estudos sobre o tema consideram os diferentes tipos de configurações e serviços de *feedback* associados aos medidores inteligentes. Albani *et al.* (2017) trouxe a percepção do valor do cliente em relação a esses novos serviços no mercado de varejo de energia elétrica na Suíça. Outro estudo também realizado na Suíça, analisou quatro diferentes segmentos de clientes privados e suas preferências dentre diferentes modelos de precificação de serviços para medição inteligente (KAUFMANN *et al.*, 2013).

4.3.2 Atributos e Variáveis Moderadoras

4.3.2.1 Eletricidade, Água e Gás

Este estudo considera três importantes recursos domésticos no Brasil, eletricidade (A), água (B) e gás (C), como atributos para o medidor inteligente. Embora o Brasil concentre 12% dos recursos hídricos globais (BRASIL, 2010), sua abundância não está igualmente distribuída no país, devido às diferentes características geográficas e variações climáticas ao longo do ano (MAGRINI; VEIGA, 2013). No país, se verifica uma grande importância dos recursos hídricos, uma vez que a hidrelétrica é a principal fonte da matriz energética nacional e contribui com 68,1% do fornecimento interno de eletricidade (EPE, 2016). Além da água e da eletricidade, que são dois recursos essenciais para a população, há também o Gás Liquefeito de Petróleo (GLP), conhecido como gás de

cozinha ou apenas gás, que está presente em 98% dos lares brasileiros (GATTO, 2018). Em algumas residências, o gás também pode ser usado para aquecimento de água.

A literatura aborda a possibilidade de monitoramento dos três recursos, energia, água e gás, nas residências por meio de medidores inteligentes (RHODES *et al.*, 2014; LLORET *et al.*, 2016; STEWART *et al.*, 2018). Um estudo realizado em mais de 400 residências no Texas, Estados Unidos, buscou entender as características de consumo e capturou dados de uso de eletricidade, água e gás (RHODES *et al.*, 2014). No entanto, neste estudo, os medidores inteligentes usados para controlar esses três recursos eram independentes (cada recurso possuía seu próprio medidor), e os dados foram gerenciados por um sistema de uma rede inteligente. Observa-se que faltam pesquisas relacionadas a medidores inteligentes integrados que controlam todos os recursos no mesmo dispositivo. Portanto, este estudo cumpre essa função, além de ir na direção de entender a melhor configuração de acordo com os recursos que os clientes desejam monitorar.

4.3.2.2 *In-home display* e Aplicativo para dispositivos móveis

As informações sobre consumo de recursos monitorados estão apresentadas na forma de *feedback* (FISCHER, 2008). O *feedback* por meio de dispositivos eletrônicos tem sido considerado bem-sucedido em economia dos recursos domésticos (WOOD; NEWBOROUGH, 2003). Uma opção para exibir as informações sobre o consumo é a utilização de *in-home displays*, dispositivo fixo, amplamente explorado na literatura (VASSILEVA *et al.*, 2012; STEWART *et al.*, 2013; SCHULTZ *et al.*, 2015; ALBANI *et al.*, 2017). Esses estudos sobre *in-home displays* apresentam versões simples desses *displays* em que são apresentadas poucas análises relacionadas ao monitoramento do consumo. Neste trabalho, este tipo de *in-home displays* é considerado como um atributo do produto e é parte da configuração padrão associada ao medidor inteligente.

Outra opção de *feedback* é o aplicativo para dispositivo móvel (D), que também é considerado como um atributo neste projeto. Como o aplicativo pode estar disponível em um *smartphone* ou *tablet* para todos os membros da família, a informação pode ser acessada em qualquer lugar e a qualquer momento (WEMYSS *et al.*, 2019). O *software* desenvolvido para a aplicativo permite diferentes tipos de análise de dados da medição e os seus dados são armazenados na nuvem (CHERUKUTOTA; JADHAV, 2016). O potencial de aplicativos associados a medidores

inteligentes tem sido abordado recentemente na literatura (NGUYEN, 2014; WEMYSS *et al.*, 2019).

4.3.2.3 Preço

Também é importante entender o comportamento do consumidor em relação ao preço do medidor inteligente antes da sua decisão de compra (SADIK-ROZSNYAI, 2016; MAHMOODI, *et al.*, 2018). Não foram identificados na literatura estudos sobre o efeito da percepção monetária do consumidor em relação aos medidores inteligentes. De fato, os estudos mais recentes de comportamento de consumo nos domicílios retratam principalmente preço das tarifas dos recursos e não consideram o custo dos medidores (KAUFMANN *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017; MAHMOODI, *et al.*, 2018). Portanto, para entender quanto o preço da configuração do medidor inteligente interfere na escolha do cliente, este estudo considera o preço (E) como um atributo do dispositivo.

O preço é calculado com base na arquitetura específica do medidor inteligente escolhida pelo cliente. Os preços variam quanto mais recursos são monitorados. Senso assim, a possibilidade de monitorar energia, água e gás juntos aumenta o preço final do medidor inteligente. Além disso, o valor do preço muda dependendo se no pacote do produto está incluso o aplicativo para dispositivos móveis. Por outro lado, no preço também se considera a estrutura da residência do usuário. Entre os fatores considerados, estão a presença ou não de controle de água individual, o número de pontos de água monitorados pelo medidor inteligente e o tipo da fonte de tensão (monofásica, bifásica ou trifásica).

Somado as questões anteriormente abordadas, o preço final exibido em cada cenário para o respondente da pesquisa representa o custo da configuração do medidor inteligente mais um incremento relacionado a outros custos (mão de obra, frete, impostos e margem de lucro). Os preços para cada configuração são mostrados no Apêndice C, considerando a alimentação para residências monofásicas e bifásicas ou trifásicas. Para identificar os níveis do preço do atributo, vários estudos recomendaram utilizar os valores alto e baixo (DE ANDRADE *et al.*, 2016; CALEGARI *et al.* 2018). Seguindo esse procedimento, os níveis do atributo preço consideram uma variação de 10% do preço calculado para o cenário.

4.3.2.4 Variáveis Moderadoras

Na literatura é comum incorporar variáveis socioeconômicas como moderadoras em modelos de análise conjunta (ASIOLI *et al.*, 2016; CALEGARI *et al.*, 2018). As pesquisas que utilizam análise conjunta recomendam testar o principal efeito dos atributos e a interação desses atributos com variáveis moderadoras, que descrevem o perfil do cliente (CALEGARI *et al.*, 2018, NÆS *et al.*, 2010). Estudos sobre medidores inteligentes residências indicam que várias características dos clientes influenciam na eficiência do uso do medidor inteligente. Entre essas características, a literatura relata a importância de considerar o gênero (POORTINGA *et al.*, 2003; DÜTSCHKE; PAETZ, 2013; ALBANI *et al.*, 2017), despesas com os recursos (GANS *et al.*, 2013; GERPOTT; PAUKERT, 2013; BUCHANAN *et al.*, 2014) e a renda (STROMBACK *et al.*, 2011; LEIJTEN *et al.*, 2014; MAHMOODI *et al.*, 2018).

Diversos estudos indicam a dificuldade em mensurar a renda dos respondentes nas pesquisas (HAUSER, 1994; HURST *et al.*, 2014). Em razão disso, este estudo utiliza a variável preço do imóvel em vez de utilizar a renda dos respondentes. Para estimar o preço imóvel foi considerada a localização do imóvel (cidade e bairro), o tipo de residência (casa ou apartamento) e número de banheiros e dormitórios. Com base nessas características da moradia, o preço do imóvel é estimado utilizando como referência uma amostra de imóveis com as mesmas características disponíveis para venda em um importante site no Brasil (www.vivareal.com.br).

Assim, cinco variáveis moderadoras foram consideradas para representar as características do consumidor: gênero (F), preço imóvel (G), gasto com energia elétrica (H), gasto com água (I) e gasto com gás (J). As variáveis analisadas nesta pesquisa são exibidas na Tabela 4.2. As variáveis contínuas foram categorizadas conforme recomendado por Baron e Kenny (1986). Desta forma, as variáveis de moderação gasto de eletricidade (H), gasto de água (I), gasto de gás (J) e preço imóvel (G) foram dicotomizadas. O valor da mediana das variáveis foi utilizado para categorizá-las. Os valores 1 representam níveis superiores destas variáveis, enquanto 0 os níveis inferiores.

4.3.3 Planejamento de Cenários

O experimento realizado usa o método de a Análise Conjunta Baseada em Escolhas (*Choice-based Conjoint Analysis - CBCA*) para entender o comportamento do cliente na decisão de compra pelo medidor

inteligente, como recomendado por outros estudos na área (KAUFMANN *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017, MAHMOODI *et al.*, 2018). No CBCA, o respondente não tem a opção de escolher o nível desejado de cada atributo, mas sim a melhor combinação de atributos existentes em um cenário (HAIR *et al.*, 2010). Os cenários são apresentados por conjunto de escolha (*choice set*), que é uma técnica utilizada para visualizar os atributos (LOUVIERE *et al.*, 2000).

Tabela 4.2 - Atributos e variáveis moderadoras consideradas na pesquisa.

Item	Atributos	Descrição
A	Controle de eletricidade	Sim = 1 Não = 0
B	Controle de água	Sim = 1 Não = 0
C	Controle de gás	Sim = 1 Não = 0
D	Aplicativo	Sim = 1 Não = 0
E	Preço	Alto – acima do custo (>10% do preço da configuração) = 1 Baixo – acima do custo (<10% do preço da configuração) = 0
F	Gênero	Feminino = 1 Masculino = 0
G	Preço do imóvel	Se o preço \geq R\$ 533.333,33, preço = 1 Se o preço < R\$ 533.333,33, preço = 0
H	Despesa com energia	Se gasto mensal com energia \geq R\$ 50,00, despesa com energia = 1 Se gasto mensal com energia < R\$50,00, despesa com energia = 0
I	Despesa com água	Se gasto mensal com água \geq R\$ 146,00, despesa com água = 1 Se gasto mensal com água < R\$ 146,00, despesa com água = 0
J	Despesa com gás	Se gasto mensal com gás \geq R\$ 80,00, despesa com gás = 1 Se gasto mensal com gás < R\$ 80,00, despesa com gás = 0

Fonte: elaborado pela autora.

Para montar os cenários dentro desse conjunto de atributos e níveis, é utilizada a técnica de planejamento fatorial. O uso do planejamento experimental fatorial completo para este caso (2^5) resultaria em 32 cenários diferentes para exibir todas as combinações dos atributos (MONTGOMERY, 2017). Como este número de cenários poderia levar os entrevistadores à exaustão (HAIR *et al.*, 2010), utilizou-se um delineamento fatorial fracionado (2^{5-1}) para reduzir para 16 o número de cenários apresentados para o respondente, conforme recomendado pela

literatura (LOUVIERE *et al.*, 2000; POORTINGA *et al.*, 2003; DHARSHING; HILLE, 2017). Esses cenários são exibidos para os respondentes por meio de um conjunto de escolhas. Segundo Caussade *et al.* (2005), o número ideal de cenários para ser apresentado ao respondente converge para quatro cenários em cada *choice set* (conjunto de opções). Em razão disso, este delineamento experimental foi desenvolvido em quatro blocos (Apêndice D), apresentando quatro cenários em cada conjunto de opções. Um exemplo dos conjuntos de escolha apresentado para os respondentes é apresentado na Figura 4.2. Com o objetivo de identificar o melhor cenário para cada respondente, é exibido o quinto conjunto de opções que é elaborado a partir das seleções apresentadas em cada um dos quatro *choice sets* apresentados anteriormente. O instrumento de pesquisa utilizado na pesquisa pode ser acessado em sua forma completa em: (https://qtrial2018q2az1.az1.qualtrics.com/jfe/form/SV_6R9dcSOvLM0XRyZ).

Figura 4.2 - Representação do conjunto de escolha.



Fonte: elaborado pela autora para a pesquisa de mercado.

4.3.4 Análise de Dados

O método de regressão logística é uma técnica frequentemente utilizada para analisar os dados obtidos a partir da CBCA (HAIR *et al.*, 2010). Este método é aplicado para prever variáveis dependentes

dicotômicas (TABACHNICK; FIDELL, 2007; HAIR *et al.*, 2010). A análise de regressão logística é recomendada para estimar os parâmetros que indicam em que medida cada nível do atributo contribui para a função geral de utilidade (JANSEN *et al.*, 2011). Por sua vez, um modelo de utilidade é estimado com base nas respostas observadas, expressando a variável dependente, enquanto os atributos do produto e suas interações com as variáveis moderadoras representam as variáveis independentes (JANSEN *et al.*, 2011).

O modelo de regressão logística foi estimado a partir do *software* SPSS® v.23. A literatura recomenda utilizar a curva ROC (*Receiver Operating Characteristic*) para avaliar a qualidade de estimação e a validade do modelo proposto (SKALSKÁ; FREYLICH, 2006). Os valores da área abaixo da curva ROC acima de 0,7 indicam uma capacidade satisfatória do modelo de predição estimado.

4.4 ESTUDO 1: CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS MEDIDORES INTELIGENTES

4.4.1 Amostra e coleta de dados

A literatura indica que fatores socioeconômicos (MARTINSSON *et al.*, 2011) e a localização (EHRHARDT-MARTINEZ *et al.*, 2010) podem interferir no comportamento do cliente em relação ao medidor inteligente. Alguns estudos também indicam que fatores regionais e culturais podem influenciar nas respostas de uma pesquisa (KULL *et al.*, 2014). A fim de considerar uma amostra mais representativa da população de interesse, este estudo tem como foco uma região específica visando melhorar a homogeneidade da amostra e a replicabilidade do estudo para outras áreas, conforme recomendado por Forza (2002). Desta forma, o Estudo 1 compreende uma pesquisa (ALRECK; SETTLE, 1994) realizada na região metropolitana de Florianópolis, Santa Catarina, estado do sul do Brasil.

Florianópolis está localizada na latitude 27° 35' 49" S e longitude 48° 32' 56" W. Esta região possui clima subtropical úmido, com as estações bem definidas. A temperatura média no período de coleta de dados foi de 17 ° C. A coleta de dados ocorreu entre os dias 20 de agosto e 20 de setembro de 2018. Para essa pesquisa, foi preenchido um questionário online (LEFEVER *et al.*, 2007) utilizando a plataforma *Qualtrics*®. A pesquisa atingiu um total de 202 respondentes que forneceram respostas completas, consideradas válidas para a pesquisa. O

perfil dos respondentes (Tabela 4.3) indica um equilíbrio de gênero e uma idade média de 32 anos, com um desvio padrão de 12,91.

Tabela 4.3 - Características dos respondentes da pesquisa do Estudo 1.

Características	Respondentes	Porcentagem
Gênero	Feminino	51,98%
	Masculino	48,02%
Tipo de residência	Casa	39,11%
	Apartamento	60,89%
	Aluguel / Não tenho residência própria	38,12%
Situação habitacional	Residência própria	61,88%
	Gás encanado	48,02%
Tipo de GLP	Botijão	51,98%
	Monofásico	14,36%
Tipo de fonte de tensão	Bifásico/ Trifásico	85,64%
	Controle individual de água	Sim
Não		46,53%

Fonte: elaborado pela autora.

4.4.2 Estimação do Modelo

O modelo logístico de utilidade proposto (Equação 1) testa o efeito principal dos atributos e a interação desses atributos com variáveis moderadoras que descrevem o perfil do cliente, assim como recomendado pela literatura (NÆS *et al.*, 2010; ASIOLI *et al.*, 2016; HAINMUELLER; HOPKINS, 2015). Tem-se assim o *device* (j) para o consumidor (i) na escolha (t). Assim, o modelo apresentado possui as cinco variáveis primárias, energia (eletricidade) (A), água (B), gás (C), aplicativo para dispositivo móvel (D) e preço (E), que representam os atributos do medidor inteligente, seguido pelo efeito de interação desses com as variáveis moderadoras, como gênero (F), preço do imóvel (G), despesa com energia elétrica (H), despesa com água (I) e despesa com gás (J).

Equação 1 - Modelo de Utilidade Logística:

$$U_{ijt} = \beta_{1i}(A)_{ijt} + \beta_{2i}(B)_{ijt} + \beta_{3i}(C)_{ijt} + \beta_{4i}(D)_{ijt} + \beta_{5i}(E)_{ijt} + \beta_{6i}(A * F)_{ijt} + \beta_{7i}(A * G)_{ijt} + \beta_{8i}(A * H)_{ijt} + \beta_{9i}(B * F)_{ijt} + \beta_{10i}(B * G)_{ijt} + \beta_{11i}(B * I)_{ijt} + \beta_{12i}(C * F)_{ijt} + \beta_{13i}(C * G)_{ijt} + \beta_{14i}(C * J)_{ijt} + \beta_{15i}(D * F)_{ijt} + \beta_{16i}(D * G)_{ijt} + \beta_{17i}(E * G)_{ijt} + \beta_{18i}(F * E)_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (1)$$

4.4.3 Resultados do Estudo 1

4.4.3.1 Estimação do modelo de regressão logística

A Tabela 4.4 apresenta os parâmetros estimados do modelo logístico para os principais atributos e suas interações com as variáveis moderadoras.

Tabela 4.4 - Estimação dos parâmetros do modelo de regressão logística.

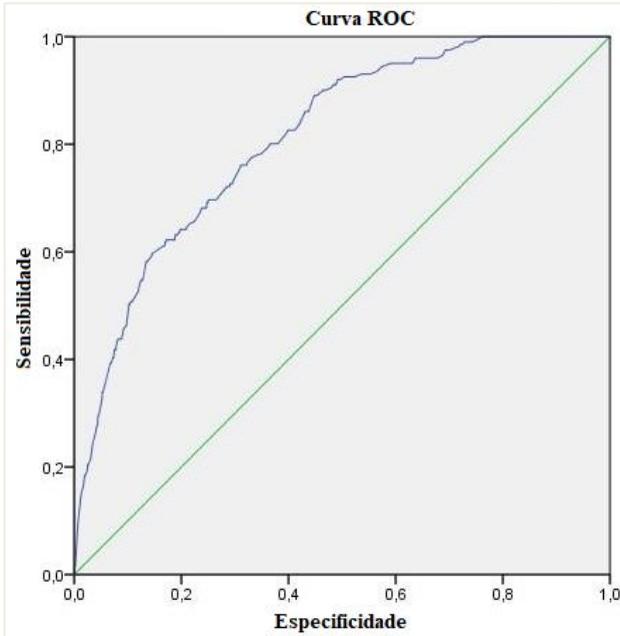
Parâmetros	β	Erro padrão	Wald	p-valor	Exp (β)
Constante	-5,242	0,324	260,908	0,000***	0,005
(A) Energia	2,226	0,350	40,484	0,000***	9,266
(B) Água	0,864	0,294	8,626	0,003***	2,373
(C) Gás	-0,075	0,296	0,064	0,800	0,928
(D) Aplicativo	0,807	0,281	8,277	0,004***	2,241
(E) Preço	-0,364	0,282	1,673	0,196	0,695
Efeito Moderado					
(A*F) Energia e gênero	-0,095	0,327	0,085	0,771	0,909
(B*F) Água e gênero	0,013	0,309	0,002	0,967	1,013
(C*F) Gás e gênero	-0,629	0,307	4,202	0,040**	0,533
(D*F) Aplicativo e gênero	0,214	0,308	0,485	0,486	1,239
(F*E) Gênero e preço	0,564	0,316	3,175	0,075*	1,758
(C*J) Gás e despesa com gás	0,611	0,257	5,659	0,017**	1,842
(A*H) Energia e despesa com energia	-0,162	0,194	0,698	0,403	0,850
(B*I) Água e despesa com água	0,304	0,201	2,277	0,131	1,355
(A*G) Energia e preço do imóvel	0,301	0,336	0,799	0,371	1,351
(B*G) Água e preço do imóvel	0,554	0,313	3,131	0,077*	1,739
(C*G) Gás e preço do imóvel	-0,722	0,315	5,234	0,022**	0,486
(D*G) Aplicativo e preço do imóvel	-0,038	0,308	0,015	0,902	0,963
(E*G) Preço e preço do imóvel	-1,078	0,319	11,406	0,001**	0,340

Fonte: elaborado pela autora a partir do modelo de regressão logística.

*significante para 10%. **significante para 5% e ***significante para 1%

A Figura 4.3 apresenta o gráfico da curva ROC obtido para o modelo. A Tabela 4.5 representa informações sobre a área sob a curva, cujo valor é 0,812, o que indica uma capacidade do modelo satisfatória de predição.

Figura 4.3 - Curva ROC para o modelo de regressão logística.



Fonte: elaborado pela autora a partir de resultado do *software* SPSS.

Tabela 4.5 - Informações sobre a área abaixo da curva.

Area	Erro padrão	Significância assintótica	Intervalo de confiança 95% assintótico	
			Limite inferior	Limite superior
0,812	0,014	0,000***	0,783	0,840

Fonte: elaborado pela autora a partir de resultado do *software* SPSS.

* significante para 10%. ** significante para 5% e *** significante para 1%

4.4.3.2 Efeitos Principais

Os atributos energia (A), água (B) e aplicativo para dispositivo móvel (D) são considerados significativos (p -valor $<0,10$) aos clientes na configuração de seus medidores inteligentes residenciais. Esses atributos significativos também apresentam coeficientes positivos e resultados para os *odds ratio* superiores a 1 ($\exp(\beta)>1$). Esse resultado indica que os clientes em potencial na amostra desejam esses atributos em seus medidores inteligentes. Segundo o *odds ratio* para o atributo energia (A), a chance de adquirir o produto por cliente aumenta 9,266 vezes, quando

o atributo de controle de eletricidade é incluído no cenário comparado a um cenário sem este atributo. A mesma análise de *odds ratio* apresenta que a inclusão do atributo água (B) aumenta em 2,373 vezes a chance de adquirir o produto e a inclusão do aplicativo (D) em 2,241 vezes. Em contraste, gás (C) e preço (E) não são considerados atributos significativos ($p\text{-valor} > 0,10$), representando que esses atributos não são relevantes na decisão do cliente de adquirir o medidor inteligente, segundo a amostra analisada.

4.4.3.3 Efeitos das Interações

Os efeitos das interações entre os atributos e as variáveis moderadores mostram algumas interações significativas ($p\text{-valor} < 0,10$), como gás e gênero (C^*F), preço e gênero (E^*F), gás e despesa com gás (C^*J), água e preço imóvel (B^*G), gás e preço do imóvel (C^*G) e preço e preço do imóvel (E^*G). Mesmo que os atributos gás (C) e preço (E) não sejam significativos, suas interações com as variáveis de moderação se mostram significativas. A interação entre o gás e gênero (C^*F) apresenta o *odds ratio* menor que 1 ($\exp(\beta) < 1$) e o coeficiente negativo, o que implica que os homens tendem a escolher cenários que incluem o controle do gás. Entre gênero e preço (F^*E), o *odds ratio* resultou acima de 1 e coeficiente positivo, portanto, as mulheres são mais dispostas a comprar o dispositivo com preços em um nível superior. O efeito entre gás e despesa com gás (C^*J) mostra o *odds ratio* maior que 1 e coeficiente positivo, assim os clientes que pagam mais pelo gás também estão mais dispostos a adquirir o dispositivo que monitora o recurso gás. A interação entre água e preço do imóvel (B^*G) apresenta o *odds ratio* maior que 1 e o coeficiente positivo, portanto os clientes que residem em imóveis que avaliados em mais de R\$ 533.333,33 estão mais dispostos a pagar pelo monitoramento do consumo de água. Em contraste, a interação entre gás e preço do imóvel (C^*G), o *odds ratio* é menor que 1 e o coeficiente é negativo, o que significa que os moradores que possuem residências que custam menos de R\$ 533.333,33 estão menos dispostos a monitorar o consumo de gás. A interação entre preço e preço do imóvel (E^*G) apresenta o *odds ratio* menor que 1 e coeficiente negativo, ou seja, os clientes que possuem imóvel que custam menos de R\$ 5333.333,33 conseguem pagar menos pelo produto.

4.4.3.4 Discussão Estudo 1

Esta dissertação propôs um medidor inteligente residencial com arquitetura IoT que permite o monitoramento de energia, água e gás, como recomendado por Lloret *et al.* (2016). Neste Estudo 1 foi possível examinar o efeito das características de configuração para os medidores inteligentes na decisão de compra do consumidor. Para tanto, foi realizada uma pesquisa *on-line* que introduziu cenários com diferentes arranjos para os medidores, incluindo ou não os atributos energia (A), água (B), gás (C), aplicativo para dispositivo móvel (D) e preço (E). Os resultados da análise de regressão revelam quais características agregam valor para os clientes nesta amostra.

De acordo com o modelo de regressão logística estimado em uma amostra de 202 consumidores residenciais na região metropolitana de Florianópolis, estado de Santa Catarina, entre os atributos do medidor inteligente, o controle de energia (A) apresenta maior importância nas configurações do medidor inteligente. Esse resultado indica que a energia é o atributo mais relevante na decisão de configuração do medidor inteligente. A importância atribuída para o monitoramento de energia já era esperada, pois a energia é o principal recurso discutido na literatura sobre medidores inteligentes residenciais (DARBY, 2010; VASSILEVA *et al.*, 2012; BUCHANAN *et al.*, 2014) e seu monitoramento é o mais popular no mercado (OWEN; WARD, 2006; GANS *et al.*, 2013; MOGLES *et al.*, 2017). De acordo com os resultados, o monitoramento da energia é quase quatro vezes mais relevante que o monitoramento de água e a disponibilidade de aplicativo.

Os resultados do modelo de regressão mostram também um interesse significativo dos consumidores pelo controle da água (B). Isso pode ser explicado devido a uma característica comum no Brasil, especificamente para prédios antigos, em que é frequente a presença de medidores centrais nos edifícios ao invés de um hidrômetro individual por habitação. Na amostra analisada, quase metade dos entrevistados (46,53%) apresenta um hidrômetro central, e a conta de água é dividida igualmente entre os usuários, independentemente do seu consumo. Logo, essa situação pode explicar o interesse em medir o consumo de água por meio medidor inteligente e obter o faturamento baseado nas próprias despesas. Outro motivo para a importância dada pelos respondentes ao controle da água pode ser justificado pela frequente discussão sobre o consumo consciente de água na mídia brasileira, principalmente nas situações de seca e nos casos de racionamento de água que afetaram algumas regiões do país. Essa discussão sobre o consumo sustentável de

água também é um tema crescente na literatura (STEWART *et al.*, 2013; SØNDERLUND *et al.*, 2016; LIU; MUKHEIBIR, 2018).

Na mesma pesquisa o atributo gás não foi considerado como atributo significativo (p -valor $> 0,10$) na amostra analisada. O pouco interesse pelo gás (C) pode ser explicado pelo baixo custo da conta de gás comparado a outros recursos no Brasil. Hoje, a falta desse recurso não é mais uma ameaça como foi em 2008, quando a Bolívia - maior fornecedora do gás consumido no Brasil - rompeu durante dois dias o fornecimento desse recurso. No entanto, o contrato de fornecimento de gás da Bolívia expira em 2019 (BRASIL, 2010). Sendo assim, esse tema pode se tornar um grande problema para os próximos anos para o governo brasileiro.

O resultado significativo (p -valor $< 0,10$) da inclusão do aplicativo para dispositivo móvel (D) associado ao medidor inteligente como forma de *feedback* mostra que os clientes estão interessados em utilizar o aplicativo para ter informações e dicas sobre o consumo. Pode-se presumir que os clientes reconhecem a importância desse tipo de *feedback*, pois permite o acesso a dados diferentes sobre o consumo em qualquer lugar e a qualquer momento, portanto, esse controle poderia ajudá-los a reduzir o consumo (NGUYEN, 2014; CHERUKUTOTA; JADHAV, 2016; WEMYSS *et al.*, 2019).

A literatura relata a importância de incentivos de preço (E) para a aquisição do medidor inteligente (FISCHER, 2008; STEWART *et al.*, 2013; SCHULTZ *et al.*, 2015) e como o preço pode reduzir o valor global percebido do produto (ZEITHAML, 1988). Contudo para esta amostra, o atributo preço não é considerado relevante pelos usuários na decisão de adquirir ou não o dispositivo (p -valor $> 0,10$). Esse resultado implica que os clientes entrevistados são menos sensíveis ao preço e podem ter outros interesses primários, como a tecnologia, conforme apontado por outras pesquisas sobre adoção de medidores inteligentes residenciais (*e.g.* KAUFMANN *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017). Em diversos países do mundo, as concessionárias são frequentemente responsáveis pela implementação de medidores inteligentes domésticos e também fornecem incentivos financeiros para a adoção do medidor inteligente do cliente (STROMBACK *et al.*, 2011; DARBY, 2012; LLORET *et al.*, 2016). Essa mesma estratégia não parece ser necessária para a região metropolitana de Florianópolis, uma vez que os respondentes são menos influenciados pela variação do preço. Este resultado indica que os clientes desta região poderiam adotar o medidor inteligente de forma autônoma, sem a participação das concessionárias como é mais frequente nos demais

países (ANDERSON; WHITE, 2009; LIENERT; CARSON, 2011; VASSILEVA *et al.*, 2012; AER, 2018).

O modelo de regressão também estimou a interação entre os atributos do medidor inteligente e as variáveis moderadoras. Foi testada a interação entre os atributos energia, água e gás no medidor inteligente com a despesa para cada um dos recursos. Os resultados mostram que a presença do controle de energia (A) e de água (B) no medidor inteligente não tem interação com a despesa (H, I) desses recursos. Esses resultados permitem inferir que o cliente pode se preocupar com outros aspectos do consumo ao invés dos gastos, por exemplo, tecnologias (KAUFMANN *et al.*, 2013) preocupações ambientais (POORTINGA *et al.*, 2003; MARTINSSON *et al.*, 2011); normas sociais (SCHULTZ *et al.*, 2015). Em contraste, a interação entre gás (C) e despesa com gás (J) é significativa (p -valor $<0,010$) e infere que os clientes que pagam mais pelo gás estão mais dispostos a incluir esse atributo nas configurações do medidor inteligente. Esse resultado pode ser analisado do ponto de vista da utilização do gás para aquecimento. No Brasil, os gastos com gás são menores em comparação com a água e a eletricidade, uma vez que a maioria das pessoas usa gás apenas para cozinhar. Entretanto, o maior gasto de gás está relacionado ao seu uso para aquecimento e chuveiro, resultando em clientes mais preocupados em monitorar o consumo de gás.

A interação entre os atributos do medidor inteligente (A, B, C, D, E) e o gênero (F) mostra uma associação significativa (p -valor $<0,10$) apenas entre gás e gênero (C*F) e preço e gênero (F*E). Esse resultado vai na direção do que é mencionado na literatura, em que o gênero tem um papel importante no comportamento do consumidor (BAKSHI, 2012). A análise das interações indica que as mulheres estão mais dispostas a pagar um preço mais alto pelo medidor inteligente. Esse fato pode ser embasado em razão das mulheres considerarem a compra como uma decisão de longo prazo, já os homens tendem a realizar compras com base nas necessidades imediatas (BAKSHI, 2012). Assim, as mulheres provavelmente estão dispostas a pagar mais porque conseguem estimar uma possibilidade de redução no consumo no futuro. Por outro lado, os homens estão mais interessados em adquirir o dispositivo com controle de gás (C), o que pode ser justificado por particularidades dos homens já identificadas na literatura. Comparado as mulheres, os homens têm mais características de processamento mais lógico, analítico e seletivo, por isso tendem a se concentrar em uma característica de um produto que vai ao seu problema específico (MEYERS-LEVY; MAHESWARAN, 1991; FURAJI *et al.*, 2013).

Em relação à interação entre os atributos do medidor inteligente e o preço do imóvel, os resultados mostram interação significativa (p -valor $< 0,10$) entre água e preço do imóvel (B^*G), gás e preço do imóvel (C^*G) e preço e preço do imóvel (E^*G). Os consumidores que têm imóveis mais valorizados estão mais propensos comprar um dispositivo que monitora o consumo de água. Essa associação pode supor que os consumidores com mais renda e que vivem em imóveis mais caros, como casas, gastam mais água e por isso escolhem monitorar este recurso. Ao mesmo tempo, o fornecimento de gás em imóveis mais valorizados, como casas, tende a ser realizado por botijões, sendo este item comprado anteriormente ao uso pelos moradores. Como este perfil de cliente já adquiriu o gás, apresenta uma menor preferência em monitorar o seu consumo. Por fim, os consumidores com imóveis mais baratos são mais capazes de pagar preços mais altos pelo medidor inteligente. Esse resultado pode ser explicado porque os consumidores com menor renda tendem a se preocupar mais com a redução de consumo e estão mais dispostos a pagar pelo medidor inteligente (BARR *et al.*, 2005).

4.5 ESTUDO 2: SEGMENTAÇÃO DE MERCADO PARA MEDIDORES INTELIGENTES

4.5.1 Segmentação de mercado

A segmentação de mercado consiste em um processo que busca dividir o mercado em grupos com preferências semelhantes ou segregar a população heterogênea em grupos com preferências similares (ACOSTA *et al.*, 2013). A partir dos dados da análise conjunta (*Conjoint Analysis - CA*) existem dois direcionamentos para realizar a segmentação de mercado. O primeiro está relacionado com a origem dos dados a serem analisados, podendo ser classificada em *forward* ou *backward*. O segundo está relacionado com a forma de análise dos dados, podendo ser classificada em *a-priori* ou *post-hoc* (ANDREWS; CURRIM, 2003).

De acordo com a origem dos dados, a segmentação *forward* utiliza como fonte, os dados externos à CA, tais como informações sociodemográficas, características dos entrevistados ou atitude em relação a algum problema. Já a segmentação *backward* utiliza como fonte as preferências declaradas na pesquisa da CA (ACOSTA *et al.*, 2013). Seguindo o direcionamento em relação à análise dos dados, a abordagem *a-priori* utiliza informações já disponíveis para realizar a segmentação, podendo ser realizada com base em conhecimentos prévios ou no julgamento do próprio pesquisador. A abordagem *post-hoc* utiliza

técnicas de agrupamento para analisar os dados (ANDREWS; CURRIM, 2003). Embora haja outras técnicas, a maioria dos estudos que aplica a segmentação *post-hoc* utiliza alguma proposta de análise de *cluster* (TYNAN; DRAYTON, 1987; DOLNICAR, 2002).

A análise de *cluster* é uma técnica multivariada de dados para delinear conjunto de dados com homogeneidade interna e heterogêneos entre si (HAIR *et al.*, 2010). Visto que essa análise tem vasta aplicação na segmentação de mercado (KAUFMANN *et al.*, 2013; ALBANI *et al.*, 2017; ZHOU *et al.*, 2017), uma segmentação *post-hoc* baseada em *cluster* permite encontrar grupos de consumidores que compartilham as mesmas necessidades, atitudes, *trade-offs* ou outros benefícios semelhantes (GREEN *et al.*, 2001). A análise de *cluster* divide os respondentes em subgrupos de acordo com um critério pré-definido, que é assumido para refletir a similaridade de indivíduos dentro dos subgrupos, e a dissimilaridade entre eles (DOLNICAR, 2002).

Entre os métodos de análise de *cluster*, o “*two step*” tem seu uso recomendado para análise de dados qualitativos e quantitativos simultaneamente (SHIHM *et al.*, 2010), sendo frequentemente reportada na literatura em casos com estas características (FETTERMANN *et al.*, 2017; ACOSTA *et al.*, 2013). A determinação da quantidade recomendada de *clusters* para o conjunto de dados é determinada a partir dos valores mínimos de métricas, tais como AIC (*Akaike's Information Criterion*), o CAIC (*Consistent Akaike's Information Criterion*) e o BIC (*Bayesian Information Criterion*) (ALBANI *et al.*, 2017).

O Estudo 2 utiliza a abordagem *forward post-hoc* para realizar a segmentação do mercado. Para tal, serão analisadas as características residenciais dos respondentes da pesquisa de percepção sobre medidores inteligentes. Espera-se identificar segmentos de mercado de acordo com as características das habitações, conforme as variáveis da Quadro 4.2. Diversos estudos consideram que características habitacionais estão relacionadas com atitudes de consumo dos usuários (*e.g.* MARTINSSON *et al.*, 2011; VASSILEVA *et al.*, 2012; GANS *et al.*, 2013). Considerar a característica das habitações para a segmentação de mercado viabiliza explorar o seu efeito na estimação das preferências dos clientes. O modelo estimado no Estudo 1 já apresentou 18 parâmetros, uma quantidade que inviabilizaria considerar também as características habitacionais dos respondentes. Em razão disso, a fim de compreender como estas características das habitações influenciam a preferência dos clientes de medidores inteligentes estas foram consideradas no processo de segmentação de mercado. A partir disso será estimado um modelo de regressão logística para cada segmento de mercado identificados.

Quadro 4.2 - Variáveis consideradas para a segmentação de mercado.

Variáveis	Descrição
Tipo de residência	Casa = 1 Apartamento = 0
Situação habitacional	Aluguel / Não tenho minha própria residência = 1 Residência própria = 0
Tipo de GLP	Gás encanado = 1 Botijão = 0
Controle individual de água	Sim = 1 Não = 0
Número de quartos	1, 2, 3, 4, 5 ou mais
Tipo de alimentação	Monofásica = 0 Bifásica, trifásica = 1
Preço do imóvel	Estimativa com base no número de quartos, de banheiros e bairro de unidades similares

Fonte: elaborado pela autora.

4.5.2 Amostra e coleta de dados

O Estudo 2 busca estimar preferências em relação ao medidor inteligente para cada segmento de mercado identificado. Para tanto, este estudo procurou incluir mais elementos amostrais, incorporando respondentes de outras áreas do estado de Santa Catarina. Foi mantida neste estudo a restrição espacial dos respondentes em razão de que diferenças de clima, cultura e demais fatores regionais podem apresentar efeito sobre as respostas (KULL *et al.*, 2014). A amostra utilizada no Estudo 2 corresponde a 277 respondentes com residências no estado de Santa Catarina, estado do sul do Brasil. O descritivo da amostra utilizada no Estudo 2 é apresentada na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Características dos respondentes da pesquisa do Estudo 2

Características	Respondentes	Porcentagem
Gênero	Feminino	54,51%
	Masculino	45,49%
Tipo de residência	Casa	42,60%
	Apartamento	57,40%
Situação habitacional	Aluguel /Não tenho residência própria	38,99%
	Residência própria	61,01%
Tipo de GLP	Gás encanado	42,96%
	Botijão	57,04%

Continua

Continuação da Tabela 4.6 - Características dos respondentes da pesquisa do Estudo 2.

Características	Respondentes	Porcentagem
Tipo de fonte de tensão	Bifásico/ Trifásico	86,28%
	Monofásico	13,72%
Controle individual de água	Sim	50,90%
	Não	49,10%

Fonte: elaborado pela autora.

4.5.3 Estimação do modelo

O modelo logístico de utilidade proposto (Equação 2) testa o efeito principal dos atributos e as interações desses atributos com variáveis moderadoras, que descrevem o perfil do cliente (NÆS *et al.*, 2010; ASIOLI *et al.*, 2016; HAINMUELLER; HOPKINS, 2015). Neste modelo, tem-se o *device* (j) para o consumidor (i) na escolha (t). Assim, o modelo apresentado possui as cinco variáveis primárias, como eletricidade (A), água (B), gás (C), aplicativo (D) e preço (E), que representam os atributos do medidor inteligente, seguido pelo efeito de interação desses atributos com variáveis moderadas, como gênero (F), despesa com energia elétrica (H), despesa com água (I) e despesa com gás (J). Comparativamente com o modelo estimado no Estudo 1 foi retirado o efeito moderador da variável preço do imóvel (G), que foi considerada na segmentação de mercado. Esta retirada reduziu de 19 para 13 os parâmetros do modelo.

Equação 2 - Modelo de Utilidade Logística:

$$U_{ijt} = \beta_{1i}(A)_{ijt} + \beta_{2i}(B)_{ijt} + \beta_{3i}(C)_{ijt} + \beta_{4i}(D)_{ijt} + \beta_{5i}(E)_{ijt} + \beta_{6i}(A * F)_{ijt} + \beta_{7i}(A * H)_{ijt} + \beta_{8i}(B * F)_{ijt} + \beta_{9i}(B * I)_{ijt} + \beta_{10i}(C * F)_{ijt} + \beta_{11i}(C * J)_{ijt} + \beta_{12i}(D * F)_{ijt} + \beta_{13i}(E * F)_{ijt} + \varepsilon_{ijt} \quad (2)$$

4.5.4 Resultados do Estudo

4.5.4.1 Segmentação de mercado

Na primeira etapa da análise de segmentação de mercado foram selecionadas as variáveis da pesquisa de mercado de acordo com as características das habitações, conforme Quadro 4.2. Em seguida, foi

aplicado o método de análise de *cluster* “two step”. O resultado indicou um melhor arranjo dos dados para dois *clusters* utilizando tanto o critério AIC quanto BIC. Os resultados obtidos para cada uma das variáveis presentes nos *clusters* 1 e 2 estão descritos na Tabela 4.7.

Tabela 4.7 - Análise descritiva dos clusters 1 e 2.

Variáveis	Cluster 1 - Residencial A (n=162)	Cluster 2 - Residencial B (n=115)
	Média/%	Média/%
Tipo de residência	98,80% apartamentos	100% casas
Situação habitacional	53,70% aluguel/não tenho minha própria residência	82,70% residência própria
Tipo de GLP	73,00% gás encanado	100,00% botijão
Controle individual de água	59,90% sem controle	70% com controle
Número de quartos	2,3 dormitórios	3,11 dormitórios
Tipo de fase	85,20% bifásica/trifásica	87,00% bifásica/trifásica
Preço do imóvel	R\$ 414.176,27	R\$ 623.924,63

Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados da análise descritiva do *cluster* 1 permitem concluir que esse segmento de clientes é composto sobretudo por residentes de apartamento, que moram preponderantemente em moradias alugadas ou não possuem residência própria e não apresentam controle individual de água. Além disso, possuem em sua maioria gás encanado e alimentação bifásica/trifásica. Este *cluster* foi denominado Residencial A. Já o *cluster* 2 é formado apenas por residentes de casa que possuem na sua maioria residência própria, que utilizam botijão como, gás de cozinha. Além disso apresentam preponderantemente controle individual de água e alimentação bifásica/trifásica. Já este segundo *cluster* foi denominado Residencial B.

4.5.4.2 Estimação do modelo de regressão logística

A Tabela 4.8 apresenta os resultados do modelo de regressão logística para o segmento Residencial A e Residencial B.

Tabela 4.8 - Variáveis da equação do modelo para os segmentos Residenciais A e B.

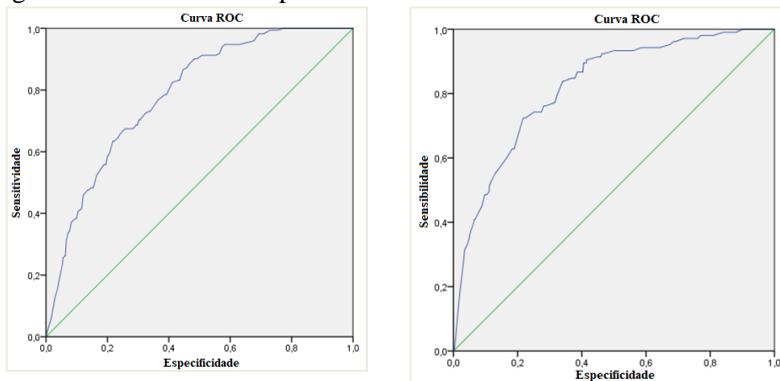
Parâmetros	Residencial A			Residencial B		
	β	Wald	Exp (β)	β	Wald	Exp (β)
Constante	-4,870***	216,593	0,008	-4,663***	100,207	0,009
(A) Eletricidade	2,076***	43,947	7,976	2,795***	29,168	16,356
(B) Água	1,167***	18,647	3,213	0,429	1,180	1,536
(C) Gás	-0,602*	4,750	0,547	-0,888*	3,787	0,412
(D) Aplicativo para dispositivo móvel	0,760**	9,676	2,139	0,456	2,037	1,577
(E) Preço	-0,724**	8,433	0,485	-0,993***	8,565	0,371
Efeito da interação						
(A*F) Eletricidade e gênero	0,082	0,059	1,085	-0,087	0,039	0,917
(B*F) Água e gênero	-0,311	0,939	0,733	0,218	0,265	1,244
(C*F) Gás e gênero	-0,248	0,585	0,780	-0,362	0,690	0,696
(D*F) Aplicativo e gênero	-0,021	0,004	0,979	0,073	0,029	1,076
(E*F) Preço e gênero	0,634*	3,707	1,885	-0,316	0,457	0,729
(A*G) Energia e despesa_eletricidade	-0,147	0,595	0,863	-0,197	0,503	0,821
(B*H) Água e despesa_água	0,264	1,679	1,302	0,567*	3,031	1,763
(C*I) Gás e despesa_gás	0,608**	5,532	1,838	0,426	0,988	1,530

Fonte: elaborado pela autora a partir do modelo de regressão logística.

* significativo em 10%, ** significativo em 5% e *** significativo em 1%

A Figura 4.4 apresenta os resultados obtidos a partir da curva ROC para ambos modelos. A Tabela 4.9 apresenta as informações sobre a área sob a curva também para ambos os modelos estimados.

Figura 4.4 - Curvas ROC para Residencial A e Residencial B.



Fonte: elaborado pela autora a partir dos resultados do SPSS.

Tabela 4.9 - Informações sobre áreas abaixo das curvas.

	Área	Erro padrão	Significância assintótica	Intervalo de confiança 95% assintótico	
				Limite inferior	Limite superior
Residencial A	0,784	0,016	0,000***	0,754	0,815
Residencial B	0,821	0,020	0,000***	0,782	0,861

Fonte: elaborado pela autora a partir dos resultados do SPSS.

* significante em 10%, ** significante em 5% e *** significante em 1%

4.5.4.3 Efeitos principais para os segmentos de mercado

Para os clientes do Residencial A, todos os atributos eletricidade (A), água (B), gás (C), aplicativo para dispositivo móvel (D) e preço (E) são considerados significativos (valor de $p < 0,10$) para os clientes deste segmento de mercado. Para os clientes do Residencial B, entre estes atributos, o monitoramento de água (B) e aplicativo (D) não se mostraram significativos (valor de $p < 0,10$) para o segmento. Entre estes atributos, se verifica que em ambos segmentos o coeficiente do monitoramento de gás (C) é negativo, indicando que sua presença nos cenários determina uma menor probabilidade de escolha destes pelos clientes. Interpretação semelhante pode ser realizada em relação ao preço (E), visto que em ambos segmentos este atributo apresenta coeficiente significativo e negativo. Neste sentido, se verifica que o nível superior do atributo preço (E) reduz a probabilidade de seleção do cenário em ambos segmentos. Ao se analisar os *odds ratio*, se verifica que o maior valor corresponde a

presença de monitoramento de eletricidade (A) no segmento Residencial B. A presença deste atributo aumenta em 16,356 vezes a chance deste cenário ser selecionado comparado à situação em que ele não está presente.

4.5.4.4 Efeitos das interações para os segmentos de mercado

Para o segmento de mercado Residencial A, o efeito das interações entre os atributos e as variáveis moderadoras apresenta apenas duas interações significativas (p -valor $<0,10$), que são o preço e gênero (E^*F) e gás e despesas de gás (C^*G). Para o Residencial B, o efeito das interações se mostrou significativo apenas entre o monitoramento de água e a despesa de água (B^*H). No Residencial A, os efeitos da interação entre o preço e gênero (E^*F) mostram que as mulheres estão mais dispostas a pagar mais caro pelo medidor inteligente do que os homens. Enquanto que os efeitos da interação entre gás e despesa de gás (C^*G) indicam que clientes que gastam mensalmente mais de R\$ 50,00 estão mais interessados em incluir o atributo gás na configuração do produto. Já para o Residencial B, o efeito da interação (B^*H) indica que clientes que gastam mensalmente mais de R\$ 80,00 estão mais interessados em incluir o monitoramento de água na configuração do medidor.

4.5.4.5 Discussão do Estudo 2

O Estudo 2 se propôs a verificar qual a melhor configuração de medidor inteligente residencial para segmentos de clientes com características habitacionais comuns. Para tanto, o questionário do Estudo 1 foi expandido para outras regiões do Estado de Santa Catarina. Assim, ao final foram obtidas 277 respostas. Diferentemente do Estudo 1, as variáveis associadas as características habitacionais foram incluídas para segmentar os clientes.

O modelo estimado para o segmento de mercado Residencial A indica um maior interesse dos moradores de apartamentos em monitorar o consumo de dois atributos do medidor inteligente, eletricidade (A) e água (B). A preferência pelo monitoramento do consumo de água pode ser justificada pelo fato de uma parte considerável desses consumidores não possuírem o controle individual de água em seus apartamentos, e assim precisarem dividir igualmente os custos da fatura de água independentemente do consumo individual. Esta situação é diferente no segmento Residencial B, que é composto por residentes de casas que possuem controle individual de água, por esta razão estão menos

dispostos a incluir o monitoramento de água em seus medidores inteligentes. No entanto, os resultados da interação entre água e despesa de água (B*H) mostram que quando os clientes desse segmento gastam mais água, passam também a preferir a configuração do medidor com esse recurso.

A preferência sobre o monitoramento de energia (A) é significativa (p -valor $<0,10$) aos dois segmentos. Esse resultado indica que o monitoramento de energia é valorizado independente do perfil da habitação. O monitoramento de energia também é o mais difundido e estudado na literatura (e.g., DARBY, 2006; ALAHMAD *et al.*, 2012; SCHULTZ *et al.*, 2015), corroborando esta preferência. Mesmo assim, se verifica uma maior valorização do monitoramento de energia pelos respondentes do segmento Residencial B, composto prioritariamente por casas e imóveis de maior valor agregado. Este maior interesse pode ser justificado em razão de esses moradores possuírem residências maiores, mais valorizadas e na sua maioria próprias.

Ambos segmentos de mercado apresentam uma preferência significativa na ausência de monitoramento de gás (C) em seus medidores, muito em razão do baixo custo da conta de gás comparado a outros recursos no Brasil. Entretanto, para o segmento Residencial A, composto principalmente por apartamentos, é verificado que a partir de valores da despesa de gás (I) maiores se identifica também uma maior disposição em controlar o recurso. O mesmo não se verifica no segmento Residencial B, composto por casas com fornecimento de gás por botijão. Como esse recurso comprado anteriormente ao uso, os respondentes deste perfil não priorizaram o controle deste recurso nos seus medidores.

Quanto ao atributo preço (E), os dois segmentos de mercado preferem cenários com o preço em seu nível inferior. Apesar de que no Estudo 1, com respondentes concentrados na região de Florianópolis, o preço não foi significativo pelos respondentes, ao incluirmos na amostra respondentes de todo o estado, este fator passou a ser significativo. Esta alteração pode ser compreendida pelo fato de residentes na região metropolitana de Florianópolis apresentarem um maior poder aquisitivo e por esta razão estarem menos suscetíveis ao impacto do preço na sua decisão de configuração do medidor inteligente. Ao incluirmos respondentes de outras regiões do estado, o fator de renda se mostrou mais importante e passou a ser decisivo na escolha dos cenários. No entanto, foi verificado por meio da interação entre preço e gênero (E*F) que as mulheres do segmento Residencial A apresentam uma maior disposição a selecionar cenários com o preço em seu nível superior.

A presença de aplicativo para dispositivos móveis (D) se mostrou significativa para clientes do segmento Residencial A, composto principalmente por apartamentos. Esse resultado condiz com o esperado, visto que este segmento apresenta uma média de idade significativamente inferior (p -valor $<0,05$) se comparado com os respondentes do segmento Residencial B. Ao mesmo tempo, a disponibilização de aplicativo não se mostrou significativa no segmento Residencial B, sendo o consumo dos recursos informado somente na forma de um display instalado na residência. Esses resultados podem ser justificados em razão do segmento Residencial B ser constituído por pessoas mais velhas que moram em casas com maior área, e possivelmente permanecerem mais tempo na residência.

4.6 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este estudo contemplou a proposição de um produto inteligente, mais precisamente um medidor inteligente residencial. Foi apresentada proposta uma arquitetura modular para um dispositivo que permita controlar o consumo residencial de energia eletricidade, água e gás, por meio de um *in-home display* e de um aplicativo para dispositivo móvel. Esta arquitetura modular, baseado em uma tecnologia *wireless*, composta por um módulo mestre e módulos escravos, possibilita ao consumidor escolher qual a melhor configuração do dispositivo que melhor atende as suas necessidades. Para identificar esta configuração mais adequada foi realizada uma pesquisa de mercado baseada em Análise Conjunta Baseada em Escolhas. O Estudo 1 apresenta uma amostra de 202 respondentes restritos à região metropolitana de Florianópolis/SC. Já o Estudo 2 abrangeu 277 respondentes do Estado de Santa Catarina.

O Estudo 1 visou definir a configuração geral de um medidor inteligente de acordo com as preferências dos clientes de Florianópolis. Os resultados do Estudo 1 indicam a maior importância dada pelos consumidores da amostra para controle de energia, mas há também um interesse significativo pelo controle da água, sobretudo por usuários que residem em imóveis mais valorizados. Os consumidores também se mostraram interessados em utilizar o aplicativo para acessar as informações e dicas sobre o consumo dos recursos monitorados. Já o monitoramento do gás somente foi considerado relevante à medida que as despesas com esse recurso ficam maiores, por se tratar de uma região com menores temperaturas comparadas com a média nacional, esses gastos aumentam no inverno, principalmente com aquecimento e chuveiro. Além disso, os entrevistados dessa região são menos sensíveis

ao preço. Sendo que, as mulheres e os consumidores de imóveis mais baratos estão mais dispostos a pagar um preço mais alto pelo medidor inteligente.

O Estudo 2 visou identificar a configuração adequada de medidores inteligentes para diferentes segmentos de mercado do Estado de Santa Catarina. A partir deste estudo, foram obtidos dois segmentos de clientes, Residencial A e Residencial B. O Residencial A é composto sobretudo por residentes de apartamento, que moram preponderantemente em moradias alugadas ou não possuem residência própria e não apresentam controle individual de água. Além disso, possuem em sua maioria gás encanado e alimentação bifásica/trifásica. Já o Residencial B é formado apenas por residentes de casa que possuem na sua maioria residência própria, que utilizam botijão como, gás de cozinha. Além disso apresentam principalmente controle individual de água e alimentação bifásica/trifásica.

O Residencial A indica um maior interesse em monitorar o consumo de energia e água. Já o Residencial B, formado por moradores de casa, tem interesse em monitorar energia, mas pouco interesse no controle da água, já que suas residências apresentam na sua maioria monitoramento individual. O interesse pelo monitoramento de gás é evidenciado pelos respondentes do segmento Residencial A à medida que as despesas com esse recurso aumentam, já os clientes do segmento Residencial B por apresentar fornecimento de gás por botijão, não possuem essa necessidade. Diferentemente do Estudo 1, concentrado na região metropolitana de Florianópolis, cuja população apresenta maior poder aquisitivo, os dois segmentos do Estudo 2 preferem cenários com o preço em seu nível inferior. No entanto, as mulheres do segmento Residencial A apresentam uma maior disposição a selecionar cenários com o preço em seu nível superior. Por fim, os clientes do Residencial A estão mais dispostos utilizar aplicativo para acessar os dados sobre o consumo, visto que este segmento apresenta uma média de idade significativamente inferior se comparado com os respondentes do segmento Residencial B.

A partir desses resultados foi possível definir uma configuração de medidor inteligente com diferentes funcionalidades, que incorpora tecnologias IoT, e que mais agrega valor para o consumidor final (HÊMILA, 2015; MANI; CHOUK, 2017). Por fim, este trabalho teve como contribuição identificar as preferências gerais dos consumidores de Florianópolis e os diferentes segmentos de mercado do Estado de Santa Catarina para medidores inteligentes residenciais. Esses resultados podem direcionar acadêmicos, que visem continuar estudos relacionados

com o controle do consumo de recursos domésticos, e até mesmo empreendedores, construtoras, que visem oferecer produtos similares.

5 CONCLUSÕES E OPORTUNIDADES DE PESQUISA

O presente trabalho aborda uma análise do Processo de Desenvolvimento de Produtos no contexto da Internet das Coisas realizada a partir de uma revisão sistemática da literatura. Além da escassez de evidências quanto à estudos contendo orientações para desenvolvimento de produtos inteligentes, o tema também se encontra disperso em diferentes áreas do conhecimento. Dentre as recomendações para desenvolvimento de produtos inteligentes está a ênfase sobre aspectos de como realizar a identificação dos requisitos do cliente, do produto, do *software* e do serviço associado ao produto (KARKI *et al.*, 2015; YANG *et al.*, 2016). Ademais, é proposta uma aplicação de um medidor inteligente residencial que considere as preferências dos clientes.

Diante disso, esta dissertação teve como objetivo geral organizar as recomendações dispersas na literatura para o desenvolvimento de produtos com tecnologias IoT e posteriormente propor a configuração de um medidor inteligente residencial. Para atingir a este objetivo foram estabelecidos três objetivos específicos (i) mapear o estado da arte sobre as atividades recomendadas para o desenvolvimento de produtos inteligentes; (ii) propor a configuração de um medidor inteligente de acordo com as preferências dos clientes; (iii) identificar a configuração dos medidores inteligentes para diferentes segmentos de mercado. Cada um destes três objetivos específicos foi abordado em uma fase deste trabalho, sendo que as conclusões referentes a estas fases são apresentadas a seguir.

Referente à Fase I - Após uma revisão de literatura foi possível mapear 1627 recomendações voltadas para as atividades do PDP orientado à produtos inteligentes (PDP IoT). Verificou-se que a atividade de monitoramento do desempenho do produto corresponde a 30,3% de todas recomendações da literatura para o PDP IoT, sendo a mais importante para ser implementada para os produtos inteligentes. Estas recomendações estão concentradas na fase de acompanhamento do produto (30,3%), macro fase de pós-desenvolvimento, em razão da possibilidade de monitoramento do produto pelas tecnologias IoT. Estas recomendações possibilitam acompanhar o desempenho do produto na produção e no mercado, por meio do acompanhamento dos dados. O monitoramento permite que empresas rastreiem as características operacionais e o histórico do produto e entendam como o mesmo é

utilizado pelo cliente. As demais atividades do PDP mais recomendadas estão na macro fase de desenvolvimento e estão relacionadas com requisitos do cliente, do produto, do *software* e do serviço e o planejamento e processo de produção.

A grande quantidade de recomendações da literatura para o desenvolvimento destes produtos reforça a necessidade de uma atualização dos modelos tradicionais de PDP para o desenvolvimento de produtos realmente inteligentes, conforme mencionado pela literatura (PORTER; HAPPELMANN, 2014; HOLLER *et al.*, 2016). Apesar dos modelos de PDP serem bastante abrangentes, diversas possibilidades de monitoramento, atualização e coleta de informações permitidas pelas tecnologias IoT são abordadas de forma superficial nos PDP tradicionais. Essa quantidade de recomendações para o PDP IoT reforça a necessidade de atualização dos modelos tradicionais para o desenvolvimento de produtos com este tipo de tecnologia.

Em termos de contribuição teórica, esta revisão apresentou de forma sistematizada as recomendações sobre o desenvolvimento de produtos inteligentes, que atualmente se encontram de forma dispersa nas diferentes áreas da literatura. Esta sistematização busca proporcionar aos gestores de desenvolvimento um guia para o processo de transformação do PDP voltado ao desenvolvimento de produtos que incorporem tecnologias IoT. Este processo de transformação deve ser realizado pela maior parte das indústrias, visto que é esperado que a maior parte dos produtos passe a incorporar alguma capacidade de sensoriamento e inteligência (VERMESAN *et al.*, 2011). Diante dessa realidade, as empresas deverão incorporar em suas capacidades e processos o desenvolvimento de produtos com estas características, assim como o acompanhamento de seus dados de uso e disponibilização de atualizações durante o seu ciclo de vida (HOLLER *et al.*, 2016). Quanto à contribuição prática, os resultados desta revisão trabalho pretendem orientar os gestores para o processo de transformação do PDP voltado ao desenvolvimento de produtos que incorporem tecnologias IoT (GOLOVATCHEV *et al.*, 2016), além de servir como mecanismo de apoio para as equipes de desenvolvimento quanto às decisões ao longo do ciclo de vida dos produtos inteligentes (NAMBISAN, 2013).

Referente à Fase II - Em razão da diversidade de opções e possíveis configurações que as tecnologias IoT viabilizam aos produtos, a literatura recomenda uma ênfase sobre aspectos de como realizar a identificação dos requisitos do produto inteligente. Seguindo essa lacuna de pesquisa, foi proposta a configuração com arquitetura modular para um medidor residencial inteligente para monitorar o consumo de energia, água e gás

em residências. Essa configuração de medidor que permite o monitoramento integrado em tempo real de diferentes recursos ainda é pouco abordada na literatura. Visto que existem diferentes possibilidades de monitoramento, para identificar a configuração do medidor que mais agrega valor para o consumidor foram realizados dois estudos envolvendo pesquisa de mercado, o Estudo 1 e o Estudo 2.

Referente à Fase II - O Estudo 1 realizou uma pesquisa de mercado, na região metropolitana de Florianópolis, Santa Catarina. A partir desse estudo foi possível definir uma configuração geral do medidor inteligente que mais agrega valor para os clientes. Os resultados obtidos indicam a maior importância dada pelos consumidores da amostra para controle de energia e água, e o acesso ao *feedback* por meio do aplicativo. Além disso, identificou-se que os entrevistados dessa região são menos sensíveis ao preço, sendo as mulheres e os consumidores de móveis mais baratos estão mais dispostos a pagar um preço mais alto pelo medidor inteligente.

Referente à Fase III - O Estudo 2 expandiu a pesquisa já realizada no Estudo 1 para todo o estado de Santa Catarina. Este estudo identificou a configuração adequada de medidores inteligentes para diferentes segmentos de mercado. A partir deste estudo, foram identificados dois segmentos de clientes, Residencial A e Residencial B. O Residencial A apresenta um maior interesse em monitorar o consumo de energia e água, e ter *feedback* sobre consumo por meio do aplicativo, se comparado com os respondentes do segmento Residencial B. O interesse pelo monitoramento de gás é registrado por clientes do segmento Residencial A à medida que as despesas com esse recurso aumentam. Já o Residencial B tem interesse em monitorar energia, mas pouco interesse no controle da água e gás. Os dois segmentos do Estudo 2 preferem cenários com o preço em seu nível inferior. No entanto, as mulheres do segmento Residencial A apresentam uma maior disposição a selecionar cenários com o preço do dispositivo em seu nível superior.

Em termos de contribuição teórica, estes estudos trouxeram contribuições para um campo pouco abordado na literatura, que é o monitoramento integrado em tempo real dos recursos energia, água e gás. Também, foi definida a melhor configuração do dispositivo tendo em vista as características que realmente agregam valor ao cliente. Esta configuração foi estabelecida a partir do método de pesquisa de mercado, análise conjunta, pouco abordado na literatura para essa temática. Outra contribuição desse estudo é o início da pesquisa comportamental dos usuários para aplicação de medidores inteligentes no Brasil. Quanto à contribuição prática, os resultados destes estudos podem orientar construtoras para definição do dispositivo que melhor agrega valor

dependendo do segmento de clientes do Estado de Santo Catarina. Além disso, tem-se uma possibilidade de empreender na área de medidores inteligentes, a partir da configuração proposta e das preferências dos consumidores. O resultado obtido na pesquisa também indica uma baixa sensibilidade ao preço do dispositivo pelos moradores de Florianópolis pode ser um bom indicativo neste sentido. Por fim, esse estudo também pode ser expandido para outras áreas de aplicação, como o monitoramento do consumo comercial e industrial.

A partir do desenvolvimento deste trabalho também foram identificadas oportunidades de pesquisa as quais não puderam ser abordadas no desenvolvimento desta pesquisa. Entre as sugestões para trabalhos futuros podem ser destacadas:

- As recomendações para o PDP IoT foram analisadas seguindo o modelo de PDP de Rozenfeld *et al.* (2006). Sugere-se a análise das recomendações segundo outros modelos de PDP utilizados pelas empresas como forma de aumentar a aderência dos resultados à prática das empresas;
- As recomendações para o PDP IoT foram analisadas segundo suas atividades. No entanto, o PDP não é composto apenas de atividades. Também precisam ser consideradas as práticas (BARCZAK; KAHN, 2012); às competências necessárias para desenvolver produtos inteligentes (GRONAU *et al.*, 2017). Além de ser relevante abordar a infraestrutura necessária para implantar as tecnologias IoT (PORTER; HEPPELMANN, 2015). Por isso, sugere-se para pesquisas futuras a associação das atividades do PDP IoT às práticas, às competências e a infraestrutura necessárias para desenvolver produtos inteligentes.
- Os estudos relacionados à configuração do medidor inteligente integrado poderiam ser estendidos para outras áreas, como por exemplo, prédios públicos. A literatura apresenta escassez de evidências quanto aos estudos de monitoramento de edifícios públicos associados à *feedback* em tempo real, principalmente em relação as mudanças de comportamento dos usuários após a introdução de diferentes tipos de *feedback* (HALDI; ROBINSON, 2011; PAPAIOANNOU *et al.*, 2017). A maior parte dos estudos disponíveis aborda o monitoramento de recursos como energia elétrica nas residências (ALAHMAD *et al.*, 2012; KAUFMANN *et al.*, 2013; SCHULTZ *et al.*, 2015; PAPAIOANNOU *et al.*, 2017).

6 REFERÊNCIAS

ABRAMOVICI, M.; GÖBEL, J. C.; SAVARINO, P. Reconfiguration of smart products during their use phase based on virtual product twins. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, v. 66, n. 1, p. 165-168, 2017.

ACOSTA, L. A.; ENANO JR, N. H.; MAGCALE-MACANDOG, D. B.; ENGAY, K. G.; HERRERA, M. N. Q.; NICOPIOR, O. B. S.; ... LUCHT, W. How sustainable is bioenergy production in the Philippines? A conjoint analysis of knowledge and opinions of people with different typologies. **Applied energy**, v. 102, p. 241-253, 2013.

ADAMSON, G.; WANG, L.; HOLM, M.; MOORE, P. Cloud manufacturing—a critical review of recent development and future trends. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 30, n. 4-5, p. 347-380, 2017.

AER – AUSTRALIAN ENERGY REGULATOR. **Smart meters**, 2018. Disponível em <<https://www.aer.gov.au/consumers/my-energy-service/smart-meters#about-smart-meters>> . Acesso em 10 de julho de 2018,

ALAHMAD. M. A.; WHEELER. P. G.; SCHWER. A.; EIDEN. J.; BRUMBAUGH. A. A comparative study of three *feedback* devices for residential real-time energy monitoring. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**, v. 59, n. 4, p. 2002-2013, 2012.

ALBANI. A.; DOMIGALL. Y.; WINTER. R. Implications of customer value perceptions for the design of electricity efficiency services in times of smart meters. **Information Systems and e-Business Management**, v. 15, n. 4, p. 825-844, 2017.

ALRECK. P. L.; SETTLE. R. B. **The survey research handbook**. McGraw-Hill. 1994.

AL-DULAIMI, J.; COSMAS, J. Smart Safety & Health Care in Cities. **Procedia Computer Science**, v. 98, p. 259-266, 2016.

AL-FUQAHA. A.; GUIZANI. M.; MOHAMMADI. M.; ALEDHARI. M.; AYYASH. M. Internet of things: A survey on enabling technologies. protocols. and applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**. v. 17. n. 4. p. 2347-2376. 2015.

ANDERSON, W.; WHITE, V. Exploring consumer preferences for home energy display functionality. **Report to the Energy Saving Trust**, v. 123, 2009.

ANDREWS, R. L., CURRIM, I. S. Recovering and profiling the true segmentation structure in markets: an empirical investigation. **International Journal of Research in Marketing**, v. 20, n. 2, p. 177-192, 2003.

ASIOLI, D.; NÆS, T.; ØVRUM, A.; ALMLI, V. L. Comparison of rating-based and choice-based conjoint analysis models. A case study based on preferences for iced coffee in Norway. **Food Quality and Preference**, v. 48, p. 174-184, 2016.

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. **Computer Networks**, v. 54, n.15, p.2787-2805, 2010.

BAKSHI, S. Impact of gender on consumer purchase behaviour. **Journal of Research in Commerce and Management**, v. 1, n. 9, p. 1-8, 2012.

BARCZAK, G.; KAHN, K. B. Identifying new product development best practice. **Business Horizons**, v. 55, n. 3, p. 293-305, 2012.

BARR, S.; GILG, A. W.; FORD, N. The household energy gap: examining the divide between habitual-and purchase-related conservation behaviors. **Energy Policy**, v. 33, n. 11, p. 1425-1444, 2005.

BAXTER, M. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. Edgard Blucher, 2000.

BEAL, C. D.; FLYNN, J. Toward the digital water age: Survey and case studies of Australian water utility smart-metering programs. **Utilities Policy**, v. 32, p. 29-37, 2015.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional**, 2016. Disponível em <<https://ben.epe.gov.br/default.aspx?anoColeta=2016>>. Acesso em 10 de agosto de 2017.

BENAVIDES, D.; SEGURA, S.; RUIZ-CORTÉS, A. Automated analysis of feature models 20 years later: A literature review. **Information Systems**, v.35, n.6, p.615-636, 2010.

BEROUINE, A.; LACHHAB, F.; MALEK, Y. N.; BAKHOUYA, M.; OULADSINE, R. A smart metering platform using big data and IoT technologies. **Proceedings of Cloud Computing Technologies and**

Applications (CloudTech), 2017 3rd International Conference of. IEEE, 2017. p. 1-6.

BERTOLINO, A. *Software testing research: Achievements, challenges, dreams.* In: 2007 Future of *Software Engineering*. **IEEE Computer Society**, 2007. p. 85-103.

BESSANT, J.; FRANCIS, D. Implementing the new product development process. **Technovation**, v. 17, n. 4, p. 189-222, 1997.

BOUGDIRA, A.; AHAITOUF, A.; AKHARRAZ, I. Towards an intelligent traceability system. **Proceedings of Information Technology for Organizations Development (IT4OD), 2016 International Conference on. IEEE, 2016. p. 1-7.**

BRASIL. **Recursos Hídricos**, 2010. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2010/11/recursos-hidricos>>. Acesso em 12 de dezembro de 2018.

BRADLEY, R.; JAWAHIRA, I. S.; MURREL, N.; WHITNEY, J. Parallel Design of a Product and Internet of Things (IoT) Architecture to Minimize the Cost of Utilizing Big Data (BD) for Sustainable Value Creation. **Procedia CIRP**, v. 61, p. 58-62, 2017.

BONINO. D.; CORNO. F.; DE RUSSIS. L. Home energy consumption *feedback*: A user survey. **Energy and Buildings**. v. 47, p. 383-393, 2012.

BUCHANAN, K.; RUSSO, R.; ANDERSON, B. Feeding back about *eco-feedback*: How do consumers use and respond to energy monitors? **Energy Policy**, v. 73, p. 138-146, 2014.

BUCHANAN, K.; RUSSO, R.; ANDERSON, B. The question of energy reduction: The problem (s) with *feedback*. **Energy Policy**, v. 77, p. 89-96, 2015.

CALEGARI. L. P.; BARBOSA. J.; MARODIN. G. A.; FETTERMANN. D. C. A conjoint analysis to consumer choice in Brazil: Defining device attributes for recognizing customized foods characteristics. **Food Research International**, v. 109, p. 1-13, 2018.

CAPUTO, A.; MARZI, G.; PELLEGRINI, M. M. The Internet of Things in manufacturing innovation processes: development and application of a conceptual framework. **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 383-402, 2016.

- CAUSSADE, S.; DE DIOS ORTÚZAR, J.; RIZZI, L. I.; HENSHER, D. A. Assessing the influence of design dimensions on stated choice experiment estimates. **Transportation research part B: Methodological**, v. 39, n. 7, p. 621-640, 2005.
- CHEN, R. Y. Autonomous tracing system for backward design in food supply chain. **Food Control**, v. 51, p. 70-84, 2015.
- CHEN, T.; CAI, H.; XU, B.; BU, F. A Bottom-Up Approach for BOM Generation and Its Application in Mass Customization. **Proceedings of e-Business Engineering (ICEBE), 2015 IEEE 12th International Conference on**. IEEE, 2015. p. 347-353.
- CHERUKUTOTA, N.; JADHAV, S. Architectural framework of smart water meter reading system in IoT environment. **Proceedings of Communication and Signal Processing (ICCSP). 2016 International Conference on**. IEEE. 2016. p. 0791-0794.
- CLIMATE GROUP. **Smart 2020: Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age**: The Climate Group on behalf of the Global eSustainability Initiative (GeSI), 2008. Disponível em <http://www.gesi.org/LinkClick.aspx?fileticket=tbp5WRTHUoY%3D&tabid=>. Acesso em 20 de abril de setembro de 2017.
- COOPER, P. B.; MARASLIS, K.; TRYFONAS, T.; OIKONOMOU, G. An intelligent hot-desking model harnessing the power of occupancy sensing data. **Facilities**, v. 35, n. 13/14, p. 766-786, 2017.
- DARBY. S. The effectiveness of *feedback* on energy consumption. **A Review for DEFRA of the Literature on Metering. Billing and direct Displays**, v. 486, n. 2006, p. 26, 2006.
- DARBY. S. Energy *feedback* in buildings: improving the infrastructure for demand reduction. **Building Research & Information**. v. 36. n. 5. p. 499-508. 2008.
- DARBY. S. Smart metering: what potential for householder engagement?. **Building Research & Information**, v. 38, n. 5, p. 442-457, 2010.
- DARBY, S. J. Metering: EU policy and implications for fuel poor households. **Energy Policy**, v. 49, p. 98-106, 2012.
- DAVIES. K.; DOOLAN. C.; VAN DEN HONERT. R.; SHI. R. Water-saving impacts of Smart Meter technology: An empirical 5 year. whole-

of-community study in Sydney, Australia. **Water Resources Research**, v. 50, n. 9, p. 7348-7358, 2014.

DAWID, H.; DECKER, R.; HERMANN, T.; JAHNKE, H.; KLAT, W.; KÖNIG, R.; STUMMER, C. Management science in the era of smart consumer products: challenges and research perspectives. **Central European Journal of Operations Research**, v. 25, n. 1, p. 203-230, 2017.

DEL GIUDICE, M.; CAMPANELLA, F.; DEZI, L. The bank of things: An empirical investigation on the profitability of the financial services of the future. **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 324-340, 2016.

DEUTER, A.; RIZZO, S. A Critical View on PLM/ALM Convergence in Practice and Research. **Procedia Technology**, v. 26, p. 405-412, 2016.

DE ANDRADE, J. C.; NALÉRIO, É. S.; GIONGO, C.; DE BARCELLOS, M. D.; ARES, G.; DELIZA, R. Influence of evoked contexts on rating-based conjoint analysis: Case study with lamb meat. **Food Quality and Preference**, v. 53, p. 168-175, 2016.

DHARSHING, S.; HILLE, S. L. The energy paradox revisited: analyzing the role of individual differences and framing effects in information perception. **Journal of Consumer Policy**, v. 40, n. 4, p. 485-508, 2017

DIXON, A.; LIU, Y.; SETCHI, R. Computer-Aided Ethnography in Engineering Design. **Proceedings of ASME 2016 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference**. American Society of Mechanical Engineers, 2016.

DO, N. Integration of design and manufacturing data to support personal manufacturing based on 3D printing services. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 90, n. 9-12, p. 3761-3773, 2017.

DOLNICAR, S. A review of data-driven market segmentation in tourism. **Journal of Travel & Tourism Marketing**, v. 12, n. 1, p. 1-22, 2002.

DOMINICI, G.; ROBLEK, V.; ABBATE, T.; TANI, M. Click and drive: Consumer attitude to product development: Towards future transformations of the driving experience. **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 420-434, 2016.

- DÜTSCHKE, E.; PAETZ, A. G. Dynamic electricity pricing—Which programs do consumers prefer?. **Energy Policy**, v. 59, p. 226-234, 2013.
- EHRHARDT-MARTINEZ, K.; DONNELLY, K. A.; LAITNER, S. Advanced metering initiatives and residential *feedback* programs: a meta-review for household electricity-saving opportunities. 2010.
- EL HAOUZI, H. B.; THOMAS, A.; CHARPENTIER, P. Toward adaptive modelling & simulation for IMS: The Adaptive Capability Maturity Model and future challenges. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 7, p. 174-179, 2013.
- ELHARIRI ESSAMLALI, M. T.; SEKHARI, A.; BOURAS, A. Product lifecycle management solution for collaborative development of Wearable Meta-Products using set-based concurrent engineering. **Concurrent Engineering**, v. 25, n. 1, p. 41-52, 2017.
- ENGELHARDT, P.; REINHART, G. Approach for an RFID-based situational shop floor control. **Proceedings of Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2012 IEEE International Conference on**. IEEE, 2012. p. 444-448.
- ERUVANKAI, S.; MUTHUKRISHNAN, M.; MYSORE, A. K. Accelerating IIOT Adoption with OPC UA. **INTERNETWORKING INDONESIA**, v. 9, n. 1, p. 3-8, 2017.
- FANG, C.; LIU, X.; PARDALOS, P. M.; PEI, J. Optimization for a three-stage production system in the Internet of Things: procurement, production and product recovery, and acquisition. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 83, n. 5-8, p. 689-710, 2016.
- FARUQUI, A.; SERGICI, S.; SHARIF, A. The impact of informational *feedback* on energy consumption—A survey of the experimental evidence. **Energy**, v. 35, n. 4, p. 1598-1608, 2010.
- FETTERMANN, D. D. C.; ECHEVESTE, M. E. S. New product development for mass customization: a systematic review. **Production & Manufacturing Research**, v. 2, n. 1, p. 266-290, 2014.
- FETTERMANN, D. D. C.; CERQUEIRA GUERRA, K.; PATRICIA MANO, A.; DE ALMEIDA MARODIN, G. Uma sistemática para detecção de fraudes em empresas de abastecimento de água. **Interciencia**, v. 40, n. 2, 2015.

FETTERMANN, D. C.; ECHEVESTE, M. E. S.; TORTORELLA, G. L. The benchmarking of the use of toolkit for mass customization in the automobile industry. **Benchmarking: An International Journal**, v. 24, n. 6, p. 1767-1783, 2017.

FISCHER, C. *Feedback* on household electricity consumption: a tool for saving energy? **Energy efficiency**, v. 1, n. 1, p. 79-104, 2008.

FORD, R.; PRITONI, M.; SANGUINETTI, A.; KARLIN, B. Categories and functionality of smart home technology for energy management. **Building and environment**, v. 123, p. 543-554, 2017.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International journal of operations & production management**, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.

FRÄMLING, K.; HARRISON, M.; BRUSEY, J.; PETROW, J. Requirements on unique identifiers for managing product lifecycle information: comparison of alternative approaches. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 20, n. 7, p. 715-726, 2007.

FRÄMLING, K.; NYMAN, J. The compromise between Security and Usability in the *Internet* of Things. **Proceedings of Advanced Production Management Systems (APMS)**, p. 15-17, 2008.

FRÄMLING, K.; NYMAN, J.; OY, P. From tracking with RFID to intelligent products. **Proceedings of Emerging Technologies & Factory Automation, 2009. ETFA 2009. IEEE Conference on. IEEE**, 2009. p. 1-8.

FRÄMLING, K.; LOUKKOLA, J.; NYMAN, J.; KAUSTELL, A. Intelligent products in real-life applications. **Proceedings of International conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM11)**, I4E2, Metz. 2011. p. 1444-1453.

FRÄMLING, K.; HOLMSTRÖM, J.; LOUKKOLA, J.; NYMAN, J.; KAUSTELL, A. Sustainable PLM through intelligent products. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, v. 26, n. 2, p. 789-799, 2013.

FRÄMLING, K.; KUBLER, S.; BUDA, A. Universal messaging standards for the IoT from a lifecycle management perspective. **IEEE Internet of Things journal**, v. 1, n. 4, p. 319-327, 2014.

FRÄMLING, K.; MAHARJAN, M. Standardized communication between intelligent products for the IoT. **IFAC Proceedings Volumes**, v. 46, n. 7, p. 157-162, 2013.

FURAJI, F.; ŁATUSZYŃSKA, M.; WAWRZYŃIAK, A.; WAŚKOWSKA, B. Study on the influence of advertising attractiveness on the purchase decisions of women and men. **Journal of International Studies**, v. 6, n. 2, p. 20-32, 2013.

GANS, W., ALBERINI, A., LONGO, A. Smart meter devices and the effect of *feedback* on residential electricity consumption: Evidence from a natural experiment in Northern Ireland. **Energy Economics**, v. 36, p. 729-743, 2013.

GATTO, R.F. **Análise do Preço do GLP e do Uso da Lenha ou Carvão nos Lares Brasileiros**. Síndigás. Maio, 2018. Disponível em: <<http://www.sindicatas.org.br/novosite/wp-content/uploads/2018/05/Analise-Preco-GLP-e-Uso-da-Lenha-ou-Carvao.pdf>>. Acesso em 12 de dezembro de 2018.

GEORGAKOPOULOS, D.; JAYARAMAN, P. P.; FAZIA, M.; VILLARI, M.; RANJAN, R. Internet of Things and edge cloud computing roadmap for manufacturing. **IEEE Cloud Computing**, v. 3, n. 4, p. 66-73, 2016.

GERPOTT, T. J.; PAUKERT, M. Determinants of willingness to pay for smart meters: An empirical analysis of household customers in Germany. **Energy Policy**, v. 61, p. 483-495, 2013.

GERPOTT, T. J.; MAY, S. Integration of *Internet of Things* components into a firm's offering portfolio—a business development framework. **Info**, v. 18, n. 2, p. 53-63, 2016.

GIORDANO, V.; FULLI, G. A business case for Smart Grid technologies: A systemic perspective. **Energy Policy**, v. 40, p. 252-259, 2012.

GOLOVATCHEV, J.; CHATTERJEE, P.; KRAUS, F.; SCHÜSSL, R. The Impact of the IoT on Product Development and Management. **Proceedings of ISPIIM Innovation Symposium**. The International Society for Professional Innovation Management (ISPIIM), 2016. p.1.

GREEN, P. E.; KRIEGER, A. M.; WIND, Y. Thirty Years of Conjoint Analysis: Reflections and Prospects. **Interfaces**, v. 31, n. 3, p. 56-73, 2001.

GRONAU, N.; ULLRICH, A.; TEICHMANN, M. Development of the Industrial IoT Competences in the Areas of Organization, Process, and Interaction Based on the Learning Factory Concept. **Procedia Manufacturing**, v. 9, p. 254-261, 2017.

GUANG, N. L. L.; LOGENTHIRAN. T.; ABIDI. K. Application of Internet of Things (IoT) for home energy management. **Proceedings of Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC). 2017 IEEE PES**. IEEE. 2017. p. 1-6.

HADDARA, M.; ELRAGAL, A. The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future. **Procedia Computer Science**, v. 64, p. 721-728, 2015.

HAINMUELLER, J.; HOPKINS, D. J. The hidden American immigration consensus: A conjoint analysis of attitudes toward immigrants. **American Journal of Political Science**, v. 59, n. 3, p. 529-548, 2015.

HAIR. J. F.; ANDERSON. R. E.; BABIN. B. J.; BLACK. W. C. **Multivariate data analysis: A global perspective** (Vol. 7): Pearson Upper Saddle River. 2010.

HALDI, F.; ROBINSON, D. The impact of occupants' behavior on building energy demand. **Journal of Building Performance Simulation**, v. 4, n. 4, p. 323-338, 2011.

HARMON, R. R.; CASTRO-LEON, E. G.; BHIDE, S. Smart cities and the Internet of Things. **Proceedings of Management of Engineering and Technology (PICMET), 2015 Portland International Conference on**. IEEE, 2015. p. 485-494.

HAUSER, R. M. Measuring socioeconomic status in studies of child development. **Child development**, v. 65, n. 6, p. 1541-1545, 1994.

HE, W.; XU, L. A state-of-the-art survey of cloud manufacturing. **International Journal of Computer Integrated Manufacturing**, v. 28, n. 3, p. 239-250, 2015.

HEHENBERGER, P.; VOGEL-HEUSER, B.; BRADLEY, D.; EYNARD, B.; TOMIYAMA, T.; ACHICHE, S. Design, modelling, simulation and integration of cyber physical systems: Methods and applications. **Computers in Industry**, v. 82, p. 273-289, 2016.

HEMILÄ, J. Service Innovations based on Internet of Things in Industrial Context. **Proceedings of ISPIIM Innovation Symposium**. The

- International Society for Professional Innovation Management (ISPIM), 2015. p. 1.
- HOLLER, M.; UEBERNICKEL, F.; BRENNER, W. Understanding the Business Value of Intelligent Products for Product Development in Manufacturing Industries. **Proceedings of 8th International Conference on Information Management and Engineering**. ACM, 2016. p. 18-24.
- HOLLER, M.; NEIDITSCH, G.; UEBERNICKEL, F.; BRENNER, W. Digital Product Innovation in Manufacturing Industries-Towards a Taxonomy for *Feedback*-driven Product Development Scenarios. **Proceedings of 50th Hawaii International Conference on System Sciences**, 2017.
- HU, P. A system architecture for *software*-defined industrial *Internet* of Things. **Proceedings of Ubiquitous Wireless Broadband (ICUWB), 2015 IEEE International Conference on**. IEEE, 2015. p. 1-5.
- HURST, E.; LI, G.; PUGSLEY, B. Are household surveys like tax forms? Evidence from income underreporting of the self-employed. **Review of economics and statistics**, v. 96, n. 1, p. 19-33, 2014.
- ISLAM, K. T.; ISLAM, A. J.; PIDIM, S. R.; HAQUE, A.; KHAN, M. T. H.; MORSALIN. S. A smart metering system for wireless power measurement with mobile application. **Proceedings of Electrical and Computer Engineering (ICECE), 2016 9th International Conference on**. IEEE. 2016. p. 131-134.
- JANSEN, S. J.; COOLEN, H. C.; GOETGELUK, R. W. **The measurement and analysis of housing preference and choice**. Springer. 2011.
- KARKI, D.; KALIKI, A.; RUSTAGI, R. P. Zygote: A Framework for Prototyping Smart Devices. **Proceedings of Advanced Computing and Communications (ADCOM), 2015 International Conference on**. IEEE, 2015. p. 1-6.
- KARLIN, B.; FORD, R.; SQUIERS, C. Energy *feedback* technology: a review and taxonomy of products and platforms. **Energy Efficiency**, v. 7, n. 3, p. 377-399, 2014
- KAUFMANN, S., KÜNZEL, K., LOOCK, M. Customer value of smart metering: Explorative evidence from a choice-based conjoint study in Switzerland. **Energy Policy**, v. 53, p. 229-239, 2013.

KAUR, M.; KUMAR, A. Implementation of Smart Metering based on Internet of Things. **Proceedings of IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. IOP Publishing. 2018. p. 1-11.

KHEDKAR, S.; MALWATKAR, G. M. Using raspberry Pi and GSM survey on home automation. **Proceedings of Electrical Electronics and Optimization Techniques (ICEEOT). International Conference on**. IEEE. 2016. p. 758-761.

KIRITSIS, D. Closed-loop PLM for intelligent products in the era of the Internet of things. **Computer-Aided Design**, v. 43, n. 5, p. 479-501, 2011.

KIRITSIS, D., KOUKIAS, A., NADOVEZA, D. ICT supported lifecycle thinking and information integration for sustainable manufacturing. **International Journal of Sustainable Manufacturing**, v. 3, n. 3, p. 229-249, 2014.

KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. **Keele, UK, Keele University**, v. 33, n. 2004, p. 1-26, 2004.

KÖHLER, H. Individual metering and debiting (IMD) in Sweden: A qualitative long-term follow-up study of householders' water-use routines. **Energy Policy**, v. 108, p. 344-354, 2017.

KRÜGER, N.; TEUTEBERG, F. From smart meters to smart products: reviewing big data driven product innovation in the European electricity retail market. **INFORMATIK 2015**, 2015.

KUBLER, S.; FRÄMLING, K.; BUDA, Aa. A standardized approach to deal with firewall and mobility policies in the IoT. **Pervasive and Mobile Computing**, v. 20, p. 100-114, 2015.

KUBLER, S.; DERIGENT, W.; FRÄMLING, K.; THOMAS, A.; RONDEAU, Éb. Enhanced product lifecycle information management using "communicating materials". **Computer-Aided Design**, v. 59, p. 192-200, 2015.

KUBLER, S.; FRÄMLING, K.; DERIGENT, Wc. P2P Data synchronization for product lifecycle management. **Computers in Industry**, v. 66, p. 82-98, 2015.

KULL, T. J.; YAN, T.; LIU, Z.; WACKER, J. G. The moderation of lean manufacturing effectiveness by dimensions of national culture: testing practice-culture congruence hypotheses. **International Journal of Production Economics**, v. 153, p. 1-12, 2014.

LADE, P.; GHOSH, R.; SRINIVASAN, S. Manufacturing Analytics and Industrial *Internet* of Things. **IEEE Intelligent Systems**, v. 32, n. 3, p. 74-79, 2017.

LEE, C. K. H.; CHOY, K. L.; LAW, K. M. Y.; HO, G. T. S. An intelligent system for production resources planning in Hong Kong garment industry. **Proceedings of Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2012 IEEE International Conference on**. IEEE, 2012. p. 889-893.

LEE, J.; LAPIRA, E.; BAGHERI, B.; KAO, H. A. Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment. **Manufacturing Letters**, v. 1, n. 1, p. 38-41, 2013.

LEE, I.; LEE, K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, v. 58, n. 4, p. 431-440, 2015.

LEFEVER. S.; DAL. M.; MATTHIASDOTTIR. A. Online data collection in academic research: advantages and limitations. **British Journal of Educational Technology**, v. 38, n. 4, p. 574-582, 2007.

LEIJTEN, F. R.; BOLDERDIJK, J. W.; KEIZER, K.; GORSIRA, M.; VAN DER WERFF, E.; STEG, L. Factors that influence consumers' acceptance of future energy systems: the effects of adjustment type, production level, and price. **Energy Efficiency**, v. 7, n. 6, p. 973-985, 2014.

LI, L. Technology designed to combat fakes in the global supply chain. **Business Horizons**, v. 56, n. 2, p. 167-177, 2013.

LIENERT. F.; CARSON. M. Smart meter roll-out for the domestic sector (GB), 2011. Disponível em: <<http://www.decc.gov.uk/assets/decc/11/consultation/smart-meters-imp-prog/4906-smart-meter-rolloutdomestic-ia-response.pdf>>. Acesso em 20 de maio de 2018.

LIU, A.; GIURCO, D.; MUKHEIBIR, P.; WHITE, S. Detailed water-use *feedback*: A review and proposed framework for program implementation. **Utilities Policy**. v. 43. p. 140-150. 2016.

LIU, A.; GIURCO, D.; MUKHEIBIR, P.; MOHR, S.; WATKINS, G.; WHITE, S. Online water-use *feedback*: household user interest. savings and implications. **Urban Water Journal**, v. 14, n. 9, p. 900-907, 2017.

- LIU, A.; MUKHEIBIR, P. Digital metering *feedback* and changes in water consumption—A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 134, p. 136-148, 2018.
- LLORET, J.; TOMAS, J.; CANOVAS, A.; PARRA, L. An integrated IoT architecture for smart metering. **IEEE Communications Magazine**, v. 54, n. 12, p. 50-57, 2016.
- LOUVIERE, J J.; HENSHER, D A.; SWAIT, J. D. **Stated choice methods: analysis and applications**. Cambridge University Press. 2000.
- LYU, G.; CHU, X.; XUE, D. Product modeling from knowledge, distributed computing and lifecycle perspectives: A literature review. **Computers in Industry**, v. 84, p. 1-13, 2017.
- MCKENNA. E.; RICHARDSON. I.; THOMSON. M. Smart meter data: Balancing consumer privacy concerns with legitimate applications. **Energy Policy**. v. 41. p. 807-814. 2012.
- MAHMOODI, J.; PRASANNA. A.; HILLE, S.; PATEL, M. K.; BROSCH, T. Combining “carrot and stick” to incentivize sustainability in households. **Energy Policy**. v. 123. p. 31-40. 2018.
- MANI, Z; CHOUK, I. Drivers of consumers’ resistance to smart products. **Journal of Marketing Management**, v. 33, n. 1-2, p. 76-97, 2017.
- MARCH, H.; MOROTE, Á. F.; RICO, A. M.; SAURÍ, D. Household smart water metering in Spain: Insights from the experience of remote meter reading in alicante. **Sustainability**, v. 9, n. 4, p. 582, 2017.
- MARILUNGO, E.; PAPETTI, A.; GERMANI, M.; PERUZZINI, M. From PSS to CPS design: a real industrial use case toward Industry 4.0. **Procedia CIRP**, v. 64, p. 357-362, 2017.
- MARTINSSON, J.; LUNDQVIST, L. J.; SUNDSTRÖM, A. Energy saving in Swedish households. The (relative) importance of environmental attitudes. **Energy policy**, v. 39, n. 9, p. 5182-5191, 2011.
- MARVIN, S.; CHAPPELLS, H.; GUY, S. Pathways of smart metering development: shaping environmental innovation. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 23, n. 2, p. 109-126, 1999.
- MASLARIĆ, M., NIKOLIČIĆ, S., MIRČETIĆ, D. Logistics response to the industry 4.0: the physical internet. **Open Engineering**, v. 6, n. 1, 2016.

MAZZEI, D., BALDI, G., MONTELISCIANI, G., FANTONI, G. A full stack for quick prototyping of IoT solutions. **Annals of Telecommunications**, v. 73, n. 7-8, p. 439-449, 2018.

MEJTOFT, T. Internet of Things and Co-creation of Value. **Proceeding of IEEE Internet of Things (iThings/CPSCom), 2011 International Conference on and 4th International Conference on Cyber, Physical and Social Computing**, 2011. p. 672-677.

MEHRSAI, A.; HENRIKSEN, B.; ROSTAD, C. C.; HRIBERNIK, K. A.; THOBEN, K. Make-to-XGrade for the Design and Manufacturing of Flexible, Adaptive, and Reactive Products. **Procedia CIRP**, v. 21, p. 199-205, 2014.

MEYER, G. G.; FRÄMLING, K.; HOLMSTRÖM, J. Intelligent products: A survey. **Computers in Industry**, v. 60, n. 3, p. 137-148, 2009.

MEYER, G. G.; WORTMANN, J. C.; SZIRBIK, N. B. Production monitoring and control with intelligent products. **International Journal of Production Research**, v. 49, n. 5, p. 1303-1317, 2011.

MEYERS-LEVY, J; MAHESWARAN, D. Exploring differences in males' and females' processing strategies. **Journal of consumer research**, v. 18, n. 1, p. 63-70, 1991.

MIHOVSKA, A.; SARKAR, M. Smart connectivity for internet of things (iot) applications. **Proceedings of New Advances in the Internet of Things**. Springer, Cham, 2018. p. 105-118.

MOGLES. N.; WALKER. I.; RAMALLO-GONZÁLEZ. A. P.; LEE. J.; NATARAJAN. S.; PADGET. J.; ... O'NEILL. E. How smart do smart meters need to be? **Building and Environment**. v. 125, p. 439-450, 2017.

MONTGOMERY, D. C. **Design and analysis of experiments**. John wiley & sons. 2017.

MOORE, W. L.; LOUVIERE, J. J.; VERMA, R. Using conjoint analysis to help design product platforms. **Journal of Product Innovation Management: An international publication of the product development & management association**, v. 16, n. 1, p. 27-39, 1999.

MOURTZIS, D.; PAPAKOSTAS, N.; MAVRIKIOS, D.; MAKRIS, S.; ALEXOPOULOS, K. The role of simulation in digital manufacturing: applications and outlook. **International journal of computer integrated manufacturing**, v. 28, n. 1, p. 3-24, 2015.

MOURTZIS, D.; VLACHOU, E. Cloud-based cyber-physical systems and quality of services. **The TQM Journal**, v. 28, n. 5, p. 704-733, 2016.

MOURTZIS, D.; VLACHOU, E.; MILAS, N. Industrial Big Data as a result of IoT adoption in manufacturing. **Procedia CIRP**, v. 55, p. 290-295, 2016.

NARAMPANAWA, N. B.; YAK, S. K.; JIE, Z. Inkjet printed transmission line elements for RF applications and measurement challenges. **Proceedings of Electronics Packaging Technology Conference (EPTC)**, 2014 IEEE 16th. IEEE, 2014. p. 730-733.

NAMBISAN, S. Information technology and product/service innovation: A brief assessment and some suggestions for future research. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 14, n. 4, p. 215, 2013.

NEUGEBAUER, R.; HIPPMANN, S.; LEIS, M.; LANDHERR, M. Industrie 4.0-From the perspective of applied research. **Procedia CIRP**, v.57, p. 2-7, 2016.

NG, I.; SCHARF, K.; POGREBNA, G.; MAULL, R. Contextual variety, Internet-of-Things and the choice of tailoring over platform: Mass customisation strategy in supply chain management. **International Journal of Production Economics**, v. 159, p. 76-87, 2015.

NG, I. C.; WAKENSHAW, S. Y. The *Internet-of-Things*: Review and research directions. **International Journal of Research in Marketing**, v. 34, n. 1, p. 3-21, 2017.

NGUYEN, S. P. Mobile application for household energy consumption *feedback* using smart meters: Increasing energy awareness, encouraging energy savings and avoiding energy peaks. **Proceedings of Collaboration Technologies and Systems (CTS), 2014 International Conference on**. IEEE, 2014. p. 291-296.

NORONHA, A.; MORIARTY, R.; O'CONNELL, K.; VILLA, N. Attaining IoT Value: How to move from connecting things to capturing insights. **Cisco, República Tcheca**, 2014.

NYMAN, J.; FRÄMLING, K.; MICHEL, V. Gathering Product Data from Smart Products. **Proceedings of ICEIS (1)**. 2008. p. 252-257.

NÆS, T.; LENGARD, V.; JOHANSEN, S. B.; HERSLETH, M. Alternative methods for combining design variables and consumer preference with information about attitudes and demographics in conjoint analysis. **Food Quality and Preference**, v. 21, n. 4, p. 368-378, 2010.

- O'DONOVAN, P.; LEAHY, K.; BRUTON, K.; O'SULLIVAN, D. T. Big data in manufacturing: a systematic mapping study. **Journal of Big Data**, v. 2, n. 1, p. 20, 2015.
- OWEN, G.; WARD, J. Smart meters: commercial, policy and regulatory drivers. **Sustainability First**, p. 54, 2006.
- PAGOROPOULOS, A.; PIGOSSO, D. C.; MCALOONE, T. C. The emergent role of digital technologies in the Circular Economy: A review. **Procedia CIRP**, v. 64, p. 19-24, 2017.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. Projeto na engenharia. **São Paulo: Edgard Blücher**, 2005.
- PAPAIIOANNOU. T. G.; KOTSOPOULOS. D.; BARDAKI. C.; LOUNIS. S.; DIMITRIOU. N.; BOULTADAKIS. G.; ... SCHOOF. A. IoT-enabled gamification for energy conservation in public buildings. **Proceedings of Global Internet of Things Summit (GIoTS). 2017**. IEEE. 2017. p. 1-6.
- PARRY, G. C.; BRAX, S. A.; MAULL, R. S.; NG, I. C. Operationalising IoT for reverse supply: The development of use-visibility measures. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 21, n. 2, p. 228-244, 2016.
- PERERA, C.; LIU, C. H.; JAYAWARDENA, S.; CHEN, M. A survey on Internet of Things from industrial market perspective. **IEEE Access**, v. 2, p. 1660-1679, 2014.
- PISCHING, M. A.; JUNQUEIRA, F.; DOS SANTOS FILHO, D. J.; MIYAGI, P. E. An architecture based on IoT and CPS to organize and locate services. **Proceedings of Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2016 IEEE 21st International Conference on**. IEEE, 2016. p. 1-4.
- POORTINGA, W.; STEG, L.; VLEK, C.; WIERSMA, G. Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis. **Journal of Economic Psychology**, v. 24, n. 1, p. 49-64, 2003.
- PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How Smart, Connected Products are Transforming Competition. **Harvard Business Review**, v. 92, n. 11, p. 64-88, 2014.
- PORTER, M. E.; HEPPELMANN, J. E. How Smart, Connected Products are Transforming Companies. **Harvard Business Review**, v. 93, n. 10, p. 97-114, 2015.

PRICE WATER COOPERS (PCW). **The Internet of Things**, 2017. Disponível em <http://usblogs.pwc.com/emerging-technology/wp-content/uploads/2017/12/Internet-of-Things-Guide.pdf>.. Acessado em 9 agosto, 2017.

QIN, J.; LIU, Y.; GROSVENOR, R. A Framework of Energy Consumption Modelling for Additive Manufacturing Using Internet of Things. **Procedia CIRP**, v. 63, p. 307-312, 2017.

QUIÑONES, D; RUSU, C. How to develop usability heuristics: A systematic literature review. **Computer Standards & Interfaces**, v. 53, p. 89-122, 2017.

RAHMAN, R. A.; SHAH, B. Security analysis of IoT protocols: A focus in CoAP. **Proceedings of Big Data and Smart City (ICBDSC), 2016 3rd MEC International Conference on**. IEEE, 2016. p. 1-7.

RANJAN, S.; JHA, V. K.; PAL, P. Application of emerging technologies in ERP implementation in Indian manufacturing enterprises: an exploratory analysis of strategic benefits. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 88, n. 1-4, p. 369-380, 2017.

REN, L., CUI, J., SUN, Y., CHENG, X. Multi-bearing remaining useful life collaborative prediction: A deep learning approach. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 43, p. 248-256, 2017.

RHODES, J. D.; UPSHAW, C. R.; HARRIS, C. B.; MEEHAN, C. M.; WALLING, D. A.; NAVRÁTIL, P. A.; ... KUMAR, H. Experimental and data collection methods for a large-scale smart grid deployment: Methods and first results. **Energy**, v. 65, p. 462-471, 2014.

RIVERA, J.; VAN DER MEULEN, R. Gartner says annual smartphone sales surpassed sales of feature phones for the first time in 2013. **The Gartner, Egham**, 2014.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo. Editora Saraiva, **São Paulo, Brasil**, 2006. 542 p.

RYMASZEWSKA, A.; HELO, P.; GUNASEKARAN, A. IoT powered servitization of manufacturing—an exploratory case study. **International Journal of Production Economics**, v. 192, p. 92-105, 2017.

SAARIKKO, T.; WESTERGREN, U. H.; BLOMQUIST, T. The Internet of Things: Are you ready for what's coming? **Business Horizons**, v. 60, n. 5, p. 667-676, 2017.

SABITHA, M. S., VIAYALAKSHMI, S., SRE, R. R. Big data management system for the harmonization of enterprise model. Proceedings of **Computing Technologies and Intelligent Data Engineering (ICCTIDE), International Conference on**. IEEE, 2016. p. 1-6.

SADIK-ROZSNYAI, O. Willingness to pay for innovations: An emerging European innovation adoption behaviour. **European Journal of Innovation Management**, v. 19, n. 4, p. 568-588, 2016.

SARMA, S.; BROCK, D. L.; ASHTON, K. The networked physical world. **Auto-ID Center White Paper MIT-AUTOID-WH-001**, 2000.

SCHWARTZ, T.; STEVENS, G.; JAKOBI, T.; DENEFF, S.; RAMIREZ, L.; WULF, V.; RANDALL, D. What people do with consumption *feedback*: a long-term living lab study of a home energy management system. **Interacting with Computers**, v. 27, n. 6, p. 551-576, 2015.

SCHROEDER, G. N.; STEINMETZ, C.; PEREIRA, C. E.; ESPINDOLA, D. B. Digital twin data modeling with automationML and a communication methodology for data exchange. **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 30, p. 12-17, 2016.

SCHULTZ, P. W.; ESTRADA, M.; SCHMITT, J.; SOKOLOSKI, R.; SILVA-SEND, N. Using in-home displays to provide smart meter *feedback* about household electricity consumption: A randomized control trial comparing kilowatts, cost, and social norms. **Energy**, v. 90, p. 351-358, 2015.

SHIH, M. Y., JHENG, J. W., LAI, L. F. A two-step method for *clustering* mixed categorical and numeric data. **Tamkang University of Science and Technology**, v. 13, n. 1, p. 11-19, 2010.

SIEGWART, R. Grasping the interdisciplinarity of mechatronics. **IEEE Robotics & Automation Magazine**, v. 8, n. 2, p. 27-34, 2001.

SKALSKÁ, H.; FREYLIICH, V. Web-bootstrap estimate of area under ROC curve. **Austrian journal of statistics**, v. 35, n. 2&3, p. 325-330-325-330, 2006.

SMWG. Report of Smart Meters Working Group, 2001. Disponível em: <http://www.ofgem.gov.uk/temp/ofgem/cache/cmsattach/1721_SmartReport.pdf>. Acesso em 15 de junho de 2017.

SOLIMA, L.; DELLA PERUTA, M. R.; MAGGIONI, V. Managing adaptive orientation systems for museum visitors from an IoT perspective. **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 285-304, 2016.

STEIN, L. F.; ENBAR, N. Direct energy *feedback* technology assessment for Southern California Edison Company. **Electric Power Research Institute Solutions**. 2006.

STEWART, R. A.; WILLIS, R. M.; PANUWATWANICH, K.; SAHIN, O. Showering behavioural response to alarming visual display monitors: longitudinal mixed method study. **Behaviour & Information Technology**, v. 32, n. 7, p. 695-711, 2013.

STEWART, R. A.; NGUYEN, K.; BEAL, C.; ZHANG, H.; SAHIN, O.; BERTONE, E.; ... GIURCO, D. Integrated intelligent water-energy metering systems and informatics: Visioning a digital multi-utility service provider. **Environmental Modelling & Software**, v. 105, p. 94-117, 2018.

STRANGE, R.; ZUCHELLA, A. Industry 4.0, global value chains and international business. **Multinational Business Review**, v. 25, n. 3, p. 174-184, 2017.

STROMBACK, J.; DROMACQUE, C.; YASSIN, M. H.; VAASAETT, G. E. T. T. The potential of smart meter enabled programs to increase energy and systems efficiency: a mass pilot comparison Short name: Empower Demand. **Vaasa ETT**, 2011.

SUCIU, G.; TODORAN, G.; VULPE, A.; SUCIU, V.; BULCA, C.; CHEVERESAN, R. Cloud Computing and Validated Learning for Accelerating Innovation in IoT. **International Association for Development of the Information Society**, 2015.

SUN, Z. W.; LI, W. F.; SONG, W.; JIANG, P. Research on manufacturing supply chain information platform architecture based on internet of things. Proceedings of Advanced Materials Research. **Trans Tech Publications**, 2011. p. 2344-2347.

SØNDERLUND, A. L.; SMITH, J. R.; HUTTON, C. J.; KAPELAN, Z.; SAVIC, D. Effectiveness of smart meter-based consumption *feedback* in

- curbing household water use: Knowns and unknowns. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 142, n. 12, p. 1-13, 2016.
- TABACHNICK, B. G.; FIDELL, L. S. **Using multivariate statistics**. Allyn & Bacon/Pearson Education, 2007.
- TAN, Y. S., NG, Y. T., LOW, J. S. C. Internet-of-things enabled real-time monitoring of energy efficiency on manufacturing shop floors. **Procedia CIRP**, v. 61, p. 376-381, 2017.
- TANAKA, M.; IDA, T. Voluntary electricity conservation of households after the Great East Japan Earthquake: A stated preference analysis. **Energy Economics**, v. 39, p. 296-304, 2013.
- TAKENAKA, T.; YAMAMOTO, Y.; FUKUDA, K.; KIMURA, A.; UEDA, K. Enhancing products and services using smart appliance networks. **CIRP Annals-Manufacturing Technology**, v. 65, n. 1, p. 397-400, 2016.
- TAO, F.; WANG, Y.; ZUO, Y.; YANG, H.; ZHANG, M. Internet of Things in product life-cycle energy management. **Journal of Industrial Information Integration**, v. 1, p. 26-39, 2016.
- TARKOMA, S.; AILISTO, H. The Internet of Things program: the finnish perspective. **IEEE Communications Magazine**, v. 51, n. 3, p. 10-11, 2013.
- TERRISSA, L. S.; MERAGHNI, S.; BOUZIDI, Z.; ZERHOUNI, N. A new approach of PHM as a service in cloud computing. **Proceedings of Information Science and Technology (CiSt), 2016 4th IEEE International Colloquium on**. IEEE, 2016. p. 610-614.
- THAMES, L.; SCHAEFER, D. *Software-defined cloud manufacturing for industry 4.0*. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 12-17, 2016.
- THOBEN, K. D.; WIESNER, S.; WUEST, T. Industrie 4.0” and smart manufacturing—a review of research issues and application examples. **International Journal Automation Technology**, v. 11, n. 1, 2017.
- TRAPPEY, A. J.; TRAPPEY, C. V.; GOVINDARAJAN, U. H.; CHUANG, A. C.; SUN, J. J. A review of essential standards and patent landscapes for the Internet of Things: A key enabler for Industry 4.0. **Advanced Engineering Informatics**, v. 33, p. 208-229, 2017.
- TSENG, M. M.; JIAO, R. J.; WANG, C. Design for mass personalization. **CIRP annals**, v. 59, n. 1, p. 175-178, 2010.

TYNAN, A. C.; DRAYTON, J. Market segmentation. **Journal of marketing management**, v. 2, n. 3, p. 301-335, 1987.

ULRICH, K.; EPPINGER, S. **Product Design and Development**. A Resource for Students and Professionals in the Field of Product Design and Development. McGraw-Hill/Irwin, 2011, 432p.

UN (United Nation). Water for life decade, 2014. Disponível em: <http://www.un.org/waterforlifedecade/water_and_energy_2014/>. Acesso em 11 novembro de 2017.

UPASANI, K.; BAKSHI, M.; PANDHARE, V.; LAD, B. K. Distributed maintenance planning in manufacturing industries. **Computers & Industrial Engineering**, v. 108, p. 1-14, 2017.

UTSUNOMIYA, H.; KOBAYASHI, N.; YAMAMOTO, S. A safety knowledge representation of the automatic driving system. **Procedia Computer Science**, v. 96, p. 869-878, 2016.

VAN HOUWELINGEN, J. H.; VAN RAAIJ, W. F. The effect of goal-setting and daily electronic *feedback* on in-home energy use. **Journal of consumer research**, v. 16, n. 1, p. 98-105, 1989.

VASSILEVA, I.; ODLARE, M.; WALLIN, F.; DAHLQUIST, E. The impact of consumers' *feedback* preferences on domestic electricity consumption. **Applied Energy**, v. 93, p. 575-582, 2012.

VASSILEVA, I.; DAHLQUIST, E.; WALLIN, F.; CAMPILLO, J. Energy consumption *feedback* devices' impact evaluation on domestic energy use. **Applied energy**, v. 106, p. 314-320, 2013.

VEIGA, L. B. E.; MAGRINI, A. The Brazilian water resources management policy: Fifteen years of success and challenges. **Water resources management**, v. 27, n. 7, p. 2287-2302, 2013.

VERBONG, G. P.; BEEMSTERBOER, S.; SENGERS, F. Smart grids or smart users? Involving users in developing a low carbon electricity economy. **Energy Policy**, v. 52, p. 117-125, 2013.

VERHOEF, P. C.; STEPHEN, A. T.; KANNAN, P. K.; LUO, X.; ABHISHEK, V.; ANDREWS, M., ... HU, M. M. Consumer connectivity in a complex, technology-enabled, and mobile-oriented world with smart products. **Journal of Interactive Marketing**, v. 40, p. 1-8, 2017.

VERMESAN, O.; FRIESS, P.; GUILLEMIN, P.; GUSMEROLI, S.; SUNDMAEKER, H.; BASSI, A.; ... DOODY, P. Internet of things

strategic research roadmap. **Internet of Things-Global Technological and Societal Trends**, v. 1, n. 2011, p. 9-52, 2011.

WAIBEL, M. W.; STEENKAMP, L. P.; MOLOKO, N.; OOSTHUIZEN, G. A. Investigating the effects of smart production systems on sustainability elements. **Procedia Manufacturing**, v. 8, p. 731-737, 2017.

WANG, H.; CHEN, X. Internet of Things Technology-Based Manufacturing Inventory Management. **Proceedings of 2013 International Workshop on Computer Science in Sports**. Atlantis Press, 2013.

WANG, S.; ZHANG, C.; LIU, C.; LI, D.; TANG, H. Cloud-assisted interaction and negotiation of industrial robots for the smart factory. **Computers & Electrical Engineering**, v. 63, p. 66-78, 2017.

WEBB, M. Smart 2020: Enabling the low carbon economy in the information age. **The Climate Group. London**, v. 1, n. 1, p. 1-1, 2008.

WEMYSS, D.; CELLINA, F.; LOBSIGER-KÄGI, E.; DE LUCA, V.; CASTRI, R. Does it last? Long-term impacts of an app-based behavior change intervention on household electricity savings in Switzerland. **Energy Research & Social Science**, v. 47, p. 16-27, 2019.

WHITMORE, A., AGARWAL, A., DA XU, L. The Internet of Things—A survey of topics and trends. **Information Systems Frontiers**, v. 17, n. 2, p. 261-274, 2015.

WIELKI, J. The impact of the internet of things concept development on changes in the operations of modern enterprises. **Polish Journal of Management Studies**, v. 15, 2017.

WOOD, G.; NEWBOROUGH, M. Dynamic energy-consumption indicators for domestic appliances: environment. behaviour and design. **Energy and buildings**, v. 35, n. 8, p. 821-841, 2003.

XIA, M.; LI, T.; ZHANG, Y.; DE SILVA, C. W. Closed-loop design evolution of engineering system using condition monitoring through Internet of Things and cloud computing. **Computer Networks**, v. 101, p. 5-18, 2016.

XU, X.; WU, X.; GUO, W. Applications of IoT to Reverse Supply Chain. **Proceedings of Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), 2011 7th International Conference on**. IEEE, 2011. p. 1-4.

XU, Z.; HE, J.; CHEN, Z. Design and actualization of IoT-based intelligent logistics system. **Proceedings of Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2012 IEEE International Conference on.** IEEE, 2012. p. 2245-2248.

YAN, B.; HUANG, G. Application of RFID and Internet of Things in Monitoring and Anti-counterfeiting for Products. **Proceedings of Business and Information Management, 2008. ISBIM'08. International Seminar on.** IEEE, 2008. p. 392-395.

YAN, B.; YAN, C.; KE, C.; TAN, X. Information sharing in supply chain of agricultural products based on the Internet of Things. **Industrial Management & Data Systems**, v. 116, n. 7, p. 1397-1416, 2016.

YAN, R. Optimization approach for increasing revenue of perishable product supply chain with the Internet of Things. **Industrial Management & Data Systems**, v. 117, n. 4, p. 729-741, 2017.

YANG, W.; LEE, S. H.; JIN, Y. Z.; HWANG, H. T. Development of web-based collaborative framework for the simulation of embedded systems. **Journal of Computational Design and Engineering**, v. 3, n. 4, p. 363-369, 2016.

YOON, S.; SUH, S. H. Manufacturing Information Bus from the Perspective of Cyber Physical Manufacturing System (CPMS). **IFAC-PapersOnLine**, v. 49, n. 31, p. 103-108, 2016.

YU, X.; NGUYEN, B.; CHEN, Y. Internet of Things capability and alliance: Entrepreneurial orientation, market orientation and product and process innovation. **Internet Research**, v. 26, n. 2, p. 402-434, 2016.

YU, S.; YANG, D. The Role of Big Data Analysis in New Product Development. **Proceedings of Network and Information Systems for Computers (ICNISC), 2016 International Conference on.** IEEE, 2016. p. 279-283.

ZANCUL, E. D. S.; TAKEY, S. M.; BARQUET, A. P. B.; KUWABARA, L. H.; CAUCHICK MIGUEL, P. A.; ROZENFELD, H. Business process support for IoT based product-service systems (PSS). **Business Process Management Journal**, v. 22, n. 2, p. 305-323, 2016.

ZANG, T.; LIU, Y.; XU, X. Cloud Manufacturing: An Industry Survey. **Proceedings of ASME 2016 11th International Manufacturing Science and Engineering Conference.** American Society of Mechanical Engineers, 2016.

ZEITHAML, V. A. Consumer perceptions of price, quality, and value: a means-end model and synthesis of evidence. **The Journal of marketing**, p. 2-22, 1988.

ZHANG, J.; ZHANG, S. The study of thermal mechanical reliability of different copper stud bump solder joints. **Proceedings of Electronic Packaging Technology and High Density Packaging (ICEPT-HDP), 2012 13th International Conference on**. IEEE, 2012. p. 739-744.

ZHONG, R. Y.; XU, X.; WANG, L. IoT-enabled Smart Factory Visibility and Traceability Using Laser-scanners. **Procedia Manufacturing**, v. 10, p. 1-14, 2017.

ZHOU, F.; JI, Y.; JIAO, R. J. Affective and cognitive design for mass personalization: status and prospect. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 24, n. 5, p. 1047-1069, 2013.

ZHOU, Z.; LIU, X.; PEI, J.; PARDALOS, P. M.; LIU, L.; FU, C. Real options approach to explore the effect of organizational change on IoT development project. **Optimization Letters**, v. 11, n. 5, p. 995-1011, 2017.

ZHOU, K.; YANG, S. Understanding household energy consumption behavior: The contribution of energy big data analytics. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 56, p. 810-819, 2016.

ZUEHLKE, D. SmartFactory-Towards a factory-of-things. **Annual Reviews in Control**, v. 34, n. 1, p. 129-138, 2010.

APÊNDICE A – Artigos resultantes da dissertação

Artigo A.1 - Submetido na revista *IEEE Latin America* e está atualmente em processo de *Minor Review*. Este artigo está associado à Fase I.

Recommendations for Product Development of Intelligent Products

C. G. S. Cavalcante and D. C. Fettermann¹

Abstract— Bearing in mind the urge of society for new, high-functional products, the Internet of Things (IoT) plays an important role in the process of giving society these things. The IoT consists of a new technological paradigm, which can be understood as a network that connects devices, “things.” All things that IoT reaches acquire a virtual identity and communicate through the Internet with users, society and the environment. Therefore, the incorporation of IoT technologies allows several new functionalities to the products, transforming them into a new category called intelligent products. These products generate data that, after being analyzed, allow the development and commercialization of new products and services for society, addressing its urges by extension. Furthermore, in order to develop intelligent products, the literature recommends a set of changes in the development process. Contrasting the development of intelligent products with traditional products, the literature points out differences in architecture, in the relationship with customers, and in the range of services offered. All the aforementioned differences and other variations should be taken into account in the Product Development Process (PDP) when developing and widening the array of intelligent products. Therefore, this work aims to propose recommendations for the process of developing intelligent products which incorporate IoT technologies. Additionally, as a theoretical contribution of this study, we intend to gather and systematize the prepositions about the IoT PDP that are spread across different areas of the literature, such as computing, engineering, management, finance, and others. Finally, as a practical contribution, the results of this project intend to guide the managers through the process of transforming and adapting the traditional development process into a PDP oriented to intelligent products.

Keywords— *Internet of Things*, product development, intelligent product.

1. INTRODUÇÃO

AS EMPRESAS enfrentam desafios de como definir a melhor forma de utilizar as tecnologias para criar valor para os seus clientes [1]. A utilização das tecnologias da Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things (IoT)*) possibilita o aprimoramento do valor dos produtos e a criação de novos serviços para clientes [2]. Com a incorporação das tecnologias IoT nos produtos é possível interagir com os clientes em qualquer fase do ciclo de vida do produto [3]. Estima-se que em 2006, cerca de 9 bilhões de dispositivos estavam conectados, sendo que a expectativa é que em 2020, cerca de 24 bilhões de produtos terão incorporado as tecnologias IoT em seu funcionamento [4].

A Internet das Coisas consiste em novo paradigma tecnológico que pode ser compreendida como uma rede que

conecta dispositivos, “coisas”, que ao adquirirem uma identidade virtual podem se comunicar por meio da internet com usuários, sociedade e meio ambiente [5]. A aplicação da IoT permite a troca de dados e aumento da conectividade dos dispositivos [6], a otimização dos processos e o monitoramento de dispositivos que possibilitam a comercialização de produtos e serviços mais inovadores e consequentemente mais benefícios para o usuário [7, 8]. O valor agregado gerado para os usuários depende da incorporação de novas funcionalidades no produto e do seu aprimoramento quando comparado a oferta de produto não conectado [9].

Com a incorporação destas tecnologias, os novos produtos são denominados “intelligent product” [10, 11]. Outros termos são utilizados na literatura para este mesmo conceito, tais como, como “smart product” [12, 13], “IoT product” [14, 15], “smart and connected product” [16] e “IoT smart-connected products” [17]. Dependendo do grau de maturidade tecnológica os produtos inteligentes adquirem habilidades de sensoramento do ambiente, manuseio, processamento de dados, compartilhamento de informações, raciocínio e/ou atuação [10, 18]. Os produtos inteligentes diferem dos produtos tradicionais em relação a arquitetura [19, 20], nas relações com os clientes [7, 21], na oferta de serviços [22, 23]. Essas e outras diferenças devem ser consideradas no processo de desenvolvimento do produto (PDP) para que se desenvolva produtos inteligentes e que utilizem plenamente as potencialidades disponibilizadas pelas tecnologias IoT [24].

A literatura sugere a adaptação de atividades tradicionalmente incorporadas ao PDP e a integração de atividades não existentes anteriormente para o Processo de Desenvolvimento de Produtos com tecnologias IoT (PDP IoT) [10, 18, 25]. Entretanto, não é identificada na literatura de um levantamento das alterações necessárias para que o processo de desenvolvimento que incorpore as potencialidades das tecnologias IoT nos produtos. As informações a respeito das mudanças para o PDP IoT encontram-se dispersas na forma de recomendações em diversas áreas do conhecimento [16, 22]. Além disso, estas recomendações ainda estão concentradas nas especificidades e funcionamento das tecnologias IoT [2, 26]. A maior parte destas recomendações aborda isoladamente as mudanças no PDP, não sistematizando as adaptações necessárias em todo o ciclo de vida do produto inteligente [24].

Entre as adaptações para o PDP IoT podem ser mencionadas a incorporação de atividades como a definição do escopo do software e dos serviços juntamente com a definição do escopo do produto [27, 28]; de monitoramento e análise dos dados de desempenho do produto em uso [23, 29]; de utilização dos dados para manutenção preditiva a adaptação do processo de

¹ C. G. S. Cavalcante, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, cav@ufsc.br
D. C. Fettermann, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil, defettermann@gmail.com
Corresponding author: Diego de Castro Fettermann

Artigo A.2 – *Configuration of smart meter for Brazilian customers* (a ser submetido para revista *Energy Policy*). Este artigo está associado à Fase II.

Artigo A.3 - *Market segmentation for household smart meter: the case of Brazilian Market* (a ser submetido). Este artigo está associado à Fase III.

APÊNDICE B – Outras submissões realizadas durante a confecção da dissertação

Artigo B.1 – Publicado e apresentado no 4º Congresso Internacional de Desenvolvimento da Engenharia Industrial de 2017. Este artigo está associado à Fase I.



4º Congresso Internacional de Desenvolvimento da Engenharia Industrial
30 e 31 de maio e 1º de junho de 2017 - UNISOCIESC, Joinville, Brasil
Engenharia Industrial: o elo de desenvolvimento social e empresarial

Oportunidades de novos produtos com a utilização de tecnologias IoT

Opportunities for new products using IoT technologies

Caroline Gobbo Sá Cavalcante (PPGEP/UFSC) carolinegobbo@gmail.com

Diego de Castro Fettermann (PPGEP/UFSC) d.fettermann@ufsc.br

Tatiana Domingues de Almeida (PPGEP/UFSC) tatiana.almd@gmail.com

Giuliano Alberton Zandonai (DEPS/UFSC) gizandonai@gmail.com

Luiz Philipi Calegari (PPGEP/UFSC) luizrcalegari@gmail.com

Resumo: Verifica-se uma tendência de aplicação de tecnologias IoT em produtos e serviços. Este artigo tem por objetivo realizar um levantamento de 30 casos de sucesso de aplicações IoT apresentados e divulgados no Internet of Thing World Forum nos anos de 2014, 2015 e 2016, e assim retratar um panorama da atual aplicação deste tipo de tecnologias em soluções para os clientes. São indicados os setores com maior frequência de aplicações, as regiões com maior incidência de aplicações tal qual o nível de desenvolvimento destas aplicações. Os resultados indicam os setores industrial e de mobilidade com maior incidência de aplicações, assim como uma maior concentração de aplicações na América do Norte. Quanto ao nível de desenvolvimento das aplicações de IoT foi apurada uma maior incidência de aplicações de monitoramento. Apesar dos casos apresentados serem considerados de sucesso, ainda existe um extenso caminho para o desenvolvimento e aplicação destas tecnologias.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Desenvolvimento de Produto; Manufatura 4.0.

Abstract: There is a trend in implementing IoT technologies in both products and services. This article aims to present a lifting of information of 30 successful cases of IoT applications submitted and published in the Internet of Thing World Forum in the years 2014, 2015 and 2016 and to present an overview of the current application of this type of technology in solutions for clients. It will be presented the sectors with the highest frequency of applications, the regions with the highest incidence of applications and the level of development of these applications. The results indicate the industrial and mobility sectors with the highest incidence of applications as well as a higher concentration of applications in

Artigo B.2 – Publicado e apresentado no 11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento de Produto no ano de 2017. Este artigo está associado à Fase I.



11º Congresso Brasileiro de Inovação e Gestão de Desenvolvimento do Produto

04 e 05 de setembro de 2017 – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP

APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS IOT NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E SERVIÇOS

Caroline Gobbo Sá Cavalcante (carolinegobbosa@gmail.com.br) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

Diego de Castro Fettermann (dcfettermann@gmail.com) – Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina.

RESUMO

A Internet of Things (IoT) conduz a um novo paradigma tecnológico direcionado para a conexão entre coisas e pessoas em uma rede. Verifica-se que o estudo sobre o impacto que a aplicação das tecnologias IoT na gestão do desenvolvimento de produtos e serviços ainda é pouco abordado na literatura. A partir disso, tem-se por objetivo reunir da literatura as alterações sugeridas sobre o modelo tradicional para o desenvolvimento de produto que incorporem soluções IoT, para tanto foi realizada uma revisão sistemática de literatura. Os resultados deste estudo buscam identificar pontos de alteração dos processos de desenvolvimento de produtos para adaptar as atividades ao desenvolvimento de soluções IoT. As recomendações da literatura sobre o impacto das tecnologias IoT são organizadas de acordo com suas afinidades em cinco diferentes dimensões que afetam o desenvolvimento de produtos IoT: (i) cliente, (ii) produto/serviço, (iii) processamento, (iv) infraestrutura, (v) habilidades. Verificou-se nos resultados, que a dimensão (i) cliente apresentou maior quantidade de recomendações da literatura, seguida da dimensão (ii) produto/serviço. Somente um artigo abordou a dimensão (v) habilidades, o que evidencia a incipiência do assunto e indica seu potencial de melhoria por meio da incorporação das recomendações contidas nestas dimensões.

Palavras-chave: Internet of Things, gestão de produtos e serviços, desenvolvimento de produto.

Área: Potencial da Internet of Things (IoT) e soluções de TIC para o desenvolvimento de produtos e serviços.

Artigo B.3 – Publicado no *Journal of Industrial and Production Engineering*. Este artigo está associado à Fase I.

JOURNAL OF INDUSTRIAL AND PRODUCTION ENGINEERING, 2018
<https://doi.org/10.1080/21681015.2018.1462863>



How does Industry 4.0 contribute to operations management?

Diego Castro Fettermann , Caroline Gobbo Sá Cavalcante , Tatiana Domingues de Almeida and Guilherme Luz Tortorella 

Department of Industrial and Systems, Federal University of Santa Catarina, Florianópolis, Brazil

ABSTRACT

Interconnection among systems requires the interaction between different technologies, such as radio frequency identifier, sensors, processing in the cloud and cyber-physical systems. The use of these technologies entails transforming the way operations management is carried out within companies, with potential for application in several fields of activity. This article aims to identify the contribution of the adoption of Industry 4.0 technologies for companies' operation management (OM). Based on a survey with 38 successful cases of Industry 4.0 implementation, the results achieved the main benefits of the use of these technologies for OM. These results indicate that Industry 4.0's contributions are more concentrated in areas such as Technology management and Just-in-time manufacturing. Further, the maturity level of the successful cases analyzed is still incipient, indicating a potential for increasing productivity after the application of these technologies.

ARTICLE HISTORY

Received 26 September 2017
 Revised 9 February 2018
 Accepted 9 March 2018

KEYWORDS

Internet of Things; maturity level; technologies; contingency tables

1. Introduction

The advent of Industry 4.0 implies new paradigms regarding most managerial approaches. Back in the eighteenth century, when the first industrial revolution was taking place, industrial machines were being adapted to steam engines [1]. At the beginning of the twentieth century, a new revolution was underway, which was characterized by division of labor, employment of mass production made possible by electrical power, exploration of new materials such as steel and synthetics, as well as utilization of new kinds of fuel [2–4]. However, it didn't stop there, in the 1970s, a third industrial revolution was emerging that would revolutionize society. It could be described by the application of programmable logic controllers (PLCs) for manufacturing automation [2], in addition to the use of information technologies for production management [5].

Currently, productive processes are being prepared for what has been coined the fourth industrial revo-

lution [4,8–11], smart manufacturing [12], industrial Internet of Things (IIoT) [7,13], networking manufacturing [8], intelligent manufacturing [14,15], industrial Internet [16] and so on.

This new paradigm is based on digital factories, capable of combining information technologies and machines with smart products [17]. Industry 4.0 development seeks to achieve a high level of operational efficiency, productivity, and automation of production systems [18]. However, despite the existence of a common objective, the literature does not present a consensus for its definition [1,19]. Although the term Industry 4.0 roots back to Germany's high-tech strategy and thus has received a lot of attention recently, it still lacks a precise, generally accepted definition [20]. Weyer et al. [21], for instance, propose a concept of Industry 4.0 as devices, machines, production modules and products organized in CPS with the ability to autonomously exchange information and self-control performance of its operations

APÊNDICE C – Preços de cada configuração do medidor inteligente

Residências com alimentação monofásica

		Monitoramento individual	1 banheiro	2 banheiros	3 banheiros	4 banheiros
1	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	energia (1f)	R\$ 440,00	R\$ 440,00	R\$ 440,00	R\$ 440,00	R\$ 440,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 855,00	R\$ 855,00	R\$ 855,00	R\$ 855,00	R\$ 855,00
	Min (-10%)	R\$ 769,50	R\$ 769,50	R\$ 769,50	R\$ 769,50	R\$ 769,50
Max (+10%)	R\$ 940,50	R\$ 940,50	R\$ 940,50	R\$ 940,50	R\$ 940,50	
2	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	água	R\$ 436,00	R\$ 508,00	R\$ 544,00	R\$ 580,00	R\$ 616,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 851,00	R\$ 923,00	R\$ 959,00	R\$ 995,00	R\$ 1.031,00
	Min (-10%)	R\$ 765,90	R\$ 830,70	R\$ 863,10	R\$ 895,50	R\$ 927,90
Max (+10%)	R\$ 936,10	R\$ 1.015,30	R\$ 1.054,90	R\$ 1.094,50	R\$ 1.134,10	
3	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	gás	R\$ 800,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00
	Min (-10%)	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50
Max (+10%)	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50	
4	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	energia (1f)	R\$ 440,00	R\$ 440,00	R\$ 440,00	R\$ 440,00	R\$ 440,00
	água	R\$ 436,00	R\$ 508,00	R\$ 544,00	R\$ 580,00	R\$ 616,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 1.291,00	R\$ 1.363,00	R\$ 1.399,00	R\$ 1.435,00	R\$ 1.471,00
Min (-10%)	R\$ 1.161,90	R\$ 1.226,70	R\$ 1.259,10	R\$ 1.291,50	R\$ 1.323,90	
Max (+10%)	R\$ 1.420,10	R\$ 1.499,30	R\$ 1.538,90	R\$ 1.578,50	R\$ 1.618,10	

Continua

Residências com alimentação monofásica

5	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	energia (1f)	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00
	gás	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00
	app	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00
	Total	R\$	1.655,00	R\$	1.655,00	R\$	1.655,00	R\$	1.655,00	R\$	1.655,00
	Min (-10%)	R\$	1.489,50	R\$	1.489,50	R\$	1.489,50	R\$	1.489,50	R\$	1.489,50
	Max (+10%)	R\$	1.820,50	R\$	1.820,50	R\$	1.820,50	R\$	1.820,50	R\$	1.820,50
6	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00
	app	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00
	Total	R\$	1.651,00	R\$	1.723,00	R\$	1.759,00	R\$	1.795,00	R\$	1.831,00
	Min (-10%)	R\$	1.485,90	R\$	1.550,70	R\$	1.583,10	R\$	1.615,50	R\$	1.647,90
	Max (+10%)	R\$	1.816,10	R\$	1.895,30	R\$	1.934,90	R\$	1.974,50	R\$	2.014,10
7	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	energia (1f)	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00
	app	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00
Total	R\$	2.091,00	R\$	2.163,00	R\$	2.199,00	R\$	2.235,00	R\$	2.271,00	
	Min (-10%)	R\$	1.881,90	R\$	1.946,70	R\$	1.979,10	R\$	2.011,50	R\$	2.043,90
	Max (+10%)	R\$	2.300,10	R\$	2.379,30	R\$	2.418,90	R\$	2.458,50	R\$	2.498,10
8	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	energia (1f)	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00	R\$	440,00
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	840,00	R\$	840,00	R\$	840,00	R\$	840,00	R\$	840,00
		Min (-10%)	R\$	756,00	R\$	756,00	R\$	756,00	R\$	756,00	R\$
	Max (+10%)	R\$	924,00	R\$	924,00	R\$	924,00	R\$	924,00	R\$	924,00

Continua

Residências com alimentação monofásica

9	plataforma	R\$	400,00								
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	836,00	R\$	908,00	R\$	944,00	R\$	980,00	R\$	1.016,00
	Min (-10%)	R\$	752,40	R\$	817,20	R\$	849,60	R\$	882,00	R\$	914,40
Max (+10%)	R\$	919,60	R\$	998,80	R\$	1.038,40	R\$	1.078,00	R\$	1.117,60	
10	plataforma	R\$	400,00								
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.200,00								
	Min (-10%)	R\$	1.080,00								
Max (+10%)	R\$	1.320,00	R\$	1.320,00	R\$	1.320,00	R\$	1.320,00	R\$	1.320,00	
11	plataforma	R\$	400,00								
	energia (1f)	R\$	440,00								
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.276,00	R\$	1.348,00	R\$	1.384,00	R\$	1.420,00	R\$	1.456,00
Min (-10%)	R\$	1.148,40	R\$	1.213,20	R\$	1.245,60	R\$	1.278,00	R\$	1.310,40	
Max (+10%)	R\$	1.403,60	R\$	1.482,80	R\$	1.522,40	R\$	1.562,00	R\$	1.601,60	
12	plataforma	R\$	400,00								
	energia (1f)	R\$	440,00								
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.640,00								
Min (-10%)	R\$	1.476,00	R\$	1.476,00	R\$	1.476,00	R\$	1.476,00	R\$	1.476,00	
Max (+10%)	R\$	1.804,00	R\$	1.804,00	R\$	1.804,00	R\$	1.804,00	R\$	1.804,00	

Continua

Residências com alimentação monofásica

13	plataforma	R\$	400,00								
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.636,00	R\$	1.708,00	R\$	1.744,00	R\$	1.780,00	R\$	1.816,00
	Min (-10%)	R\$	1.472,40	R\$	1.537,20	R\$	1.569,60	R\$	1.602,00	R\$	1.634,40
	Max (+10%)	R\$	1.799,60	R\$	1.878,80	R\$	1.918,40	R\$	1.958,00	R\$	1.997,60
14	plataforma	R\$	400,00								
	energia (1f)	R\$	440,00								
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
Total	R\$	2.076,00	R\$	2.148,00	R\$	2.184,00	R\$	2.220,00	R\$	2.256,00	
	Min (-10%)	R\$	1.868,40	R\$	1.933,20	R\$	1.965,60	R\$	1.998,00	R\$	2.030,40
	Max (+10%)	R\$	2.283,60	R\$	2.362,80	R\$	2.402,40	R\$	2.442,00	R\$	2.481,60

Fonte: elaborado pela autora.

Residências com alimentação trifásica

	Monitoramento individual	1 banheiro	2 banheiros	3 banheiros	4 banheiros
1	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	energia (3f)	R\$ 520,00	R\$ 520,00	R\$ 520,00	R\$ 520,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 935,00	R\$ 935,00	R\$ 935,00	R\$ 935,00
	Min (-10%)	R\$ 841,50	R\$ 841,50	R\$ 841,50	R\$ 841,50
	Max (+10%)	R\$ 1.028,50	R\$ 1.028,50	R\$ 1.028,50	R\$ 1.028,50
2	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	água	R\$ 436,00	R\$ 508,00	R\$ 544,00	R\$ 580,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 851,00	R\$ 923,00	R\$ 959,00	R\$ 1.031,00
	Min (-10%)	R\$ 765,90	R\$ 830,70	R\$ 863,10	R\$ 927,90
	Max (+10%)	R\$ 936,10	R\$ 1.015,30	R\$ 1.054,90	R\$ 1.134,10
3	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	gás	R\$ 800,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00	R\$ 800,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00	R\$ 1.215,00
	Min (-10%)	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50	R\$ 1.093,50
	Max (+10%)	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50	R\$ 1.336,50
4	plataforma	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00	R\$ 400,00
	energia (3f)	R\$ 520,00	R\$ 520,00	R\$ 520,00	R\$ 520,00
	água	R\$ 436,00	R\$ 508,00	R\$ 544,00	R\$ 580,00
	app	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00	R\$ 15,00
	Total	R\$ 1.371,00	R\$ 1.443,00	R\$ 1.479,00	R\$ 1.551,00
	Min (-10%)	R\$ 1.233,90	R\$ 1.298,70	R\$ 1.331,10	R\$ 1.363,50
	Max (+10%)	R\$ 1.508,10	R\$ 1.587,30	R\$ 1.626,90	R\$ 1.666,50

Continua

Residências com alimentação trifásica

5	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	energia (3f)	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00
	gás	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00
	app	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00
	Total	R\$	1.735,00	R\$	1.735,00	R\$	1.735,00	R\$	1.735,00	R\$	1.735,00
	Min (-10%)	R\$	1.561,50	R\$	1.561,50	R\$	1.561,50	R\$	1.561,50	R\$	1.561,50
	Max (+10%)	R\$	1.908,50	R\$	1.908,50	R\$	1.908,50	R\$	1.908,50	R\$	1.908,50
6	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00
	app	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00
	Total	R\$	1.651,00	R\$	1.723,00	R\$	1.759,00	R\$	1.795,00	R\$	1.831,00
	Min (-10%)	R\$	1.485,90	R\$	1.550,70	R\$	1.583,10	R\$	1.615,50	R\$	1.647,90
	Max (+10%)	R\$	1.816,10	R\$	1.895,30	R\$	1.934,90	R\$	1.974,50	R\$	2.014,10
7	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	energia (3f)	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00	R\$	800,00
	app	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00	R\$	15,00
Total	R\$	2.171,00	R\$	2.243,00	R\$	2.279,00	R\$	2.315,00	R\$	2.351,00	
	Min (-10%)	R\$	1.953,90	R\$	2.018,70	R\$	2.051,10	R\$	2.083,50	R\$	2.115,90
	Max (+10%)	R\$	2.388,10	R\$	2.467,30	R\$	2.506,90	R\$	2.546,50	R\$	2.586,10
8	plataforma	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00	R\$	400,00
	energia (3f)	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00	R\$	520,00
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	920,00	R\$	920,00	R\$	920,00	R\$	920,00	R\$	920,00
		Min (-10%)	R\$	828,00	R\$	828,00	R\$	828,00	R\$	828,00	R\$
	Max (+10%)	R\$	1.012,00	R\$	1.012,00	R\$	1.012,00	R\$	1.012,00	R\$	1.012,00

Continua

Residências com alimentação trifásica

9	plataforma	R\$	400,00								
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	836,00	R\$	908,00	R\$	944,00	R\$	980,00	R\$	1.016,00
	Min (-10%)	R\$	752,40	R\$	817,20	R\$	849,60	R\$	882,00	R\$	914,40
	Max (+10%)	R\$	919,60	R\$	998,80	R\$	1.038,40	R\$	1.078,00	R\$	1.117,60
10	plataforma	R\$	400,00								
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.200,00								
	Min (-10%)	R\$	1.080,00								
	Max (+10%)	R\$	1.320,00								
11	plataforma	R\$	400,00								
	energia (3f)	R\$	520,00								
	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.356,00	R\$	1.428,00	R\$	1.464,00	R\$	1.500,00	R\$	1.536,00
	Min (-10%)	R\$	1.220,40	R\$	1.285,20	R\$	1.317,60	R\$	1.350,00	R\$	1.382,40
	Max (+10%)	R\$	1.491,60	R\$	1.570,80	R\$	1.610,40	R\$	1.650,00	R\$	1.689,60
12	plataforma	R\$	400,00								
	energia (3f)	R\$	520,00								
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.720,00								
	Min (-10%)	R\$	1.548,00								
	Max (+10%)	R\$	1.892,00								

Continua

Residências com alimentação trifásica

	plataforma	R\$	400,00								
13	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	1.636,00	R\$	1.708,00	R\$	1.744,00	R\$	1.780,00	R\$	1.816,00
	Min (-10%)	R\$	1.472,40	R\$	1.537,20	R\$	1.569,60	R\$	1.602,00	R\$	1.634,40
	Max (+10%)	R\$	1.799,60	R\$	1.878,80	R\$	1.918,40	R\$	1.958,00	R\$	1.997,60
	plataforma	R\$	400,00								
	energia (3f)	R\$	520,00								
14	água	R\$	436,00	R\$	508,00	R\$	544,00	R\$	580,00	R\$	616,00
	gás	R\$	800,00								
	sem app		-		-		-		-		-
	Total	R\$	2.156,00	R\$	2.228,00	R\$	2.264,00	R\$	2.300,00	R\$	2.336,00
	Min (-10%)	R\$	1.940,40	R\$	2.005,20	R\$	2.037,60	R\$	2.070,00	R\$	2.102,40
	Max (+10%)	R\$	2.371,60	R\$	2.450,80	R\$	2.490,40	R\$	2.530,00	R\$	2.569,60

Fonte: elaborada pela autora.

APÊNDICE D – Delineamento Experimental

Residências com alimentação monofásica

Combinações	Bloco	Tipo de tensão	Configuração sistema água	Monitoramento de energia	Monitoramento de água	Monitoramento de gás	Aplicativo	Preço (R\$)	
1°	1	Monofásico	Monitoramento individual	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 752,40	
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.489,50	
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.403,60	
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50	
				(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.799,60	
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.161,90	
	2	Monofásico	Monitoramento individual	(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.804,00	
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 940,50	
				(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 936,10	
				(-1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.080,00	
				(+1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.868,40	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	
	4	Monofásico	Monitoramento individual	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.300,10	
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.485,90	
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 756,00	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	
				(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 817,20	
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.489,50	
	2°	1	Monofásico	1 banheiro	(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.482,80
					(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
(-1)					(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.878,80	
(+1)					(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.226,70	
(+1)					(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.804,00	
(+1)					(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 940,50	
3		Monofásico	1 banheiro	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.015,30	
				(-1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.080,00	
				(+1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.933,20	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	
				(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.379,30	
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.550,70	
4		Monofásico	1 banheiro	(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 756,00	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	

Continua

Residências com alimentação monofásica

Combinações	Bloco	Tipo de tensão	Configuração sistema água	Monitoramento de energia	Monitoramento de água	Monitoramento de gás	Aplicativo	Preço (R\$)	
3°	1	Monofásico	2 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 849,60	
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.489,50	
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.522,40	
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50	
	2	Monofásico	2 banheiros	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.918,40	
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.259,10	
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.804,00	
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 940,50	
	3	Monofásico	2 banheiros	(-1)	(+1)	((-1)1)	(+1)	R\$ 1.054,90	
				(-1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.080,00	
				(+1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.965,60	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	
	4	Monofásico	2 banheiros	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.418,90	
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.583,10	
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 756,00	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	
	4°	1	Monofásico	3 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 882,00
					(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.489,50
					(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.562,00
					(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
2		Monofásico	3 banheiros	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.958,00	
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.291,50	
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.804,00	
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 940,50	
3		Monofásico	3 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.094,50	
				(-1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.080,00	
				(+1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.998,00	
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	

Continua

Residências com alimentação monofásica

Combinações	Bloco	Tipo de tensão	Configuração sistema água	Monitoramento de energia	Monitoramento de água	Monitoramento de gás	Aplicativo	Preço (R\$)
4°	4	Monofásico	3 banheiros	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.458,50
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.615,50
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 756,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
5°	1	Monofásico	4 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 914,40
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.489,50
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.601,60
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
	2	Monofásico	4 banheiros	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.997,60
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.323,90
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.804,00
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 940,50
	3	Monofásico	4 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.134,10
				(-1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.080,00
				(+1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 2.030,40
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
4	Monofásico	4 banheiros	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.498,10	
			(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.647,90	
			(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 756,00	
			(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-	

Fonte: elaborada pela autora.

Residências com alimentação trifásica

Combinações	Bloco	Tipo de tensão	Configuração sistema água	Monitoramento de energia	Monitoramento de água	Monitoramento de gás	Aplicativo	Preço (R\$)
6º	1	Trifásico	Monitoramento individual	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 752,40
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.561,50
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.491,60
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
	2	Trifásico	Monitoramento individual	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.799,60
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.233,90
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.892,00
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.028,50
	3	Trifásico	Monitoramento individual	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 936,10
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.080,00
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.940,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
	4	Trifásico	Monitoramento individual	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.388,10
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.485,90
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 828,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
7º	1	Trifásico	1 banheiro	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 817,20
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.561,50
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.570,80
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
	2	Trifásico	1 banheiro	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.878,80
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.298,70
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.892,00
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.028,50
	3	Trifásico	1 banheiro	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.015,30
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.080,00
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 2.005,20
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-

Continua

Residências com alimentação trifásica

Combinações	Bloco	Tipo de tensão	Configuração sistema água	Monitoramento de energia	Monitoramento de água	Monitoramento de gás	Aplicativo	Preço (R\$)
7°	4	Trifásico	1 banheiro	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.467,30
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.550,70
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 828,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
8°	1	Trifásico	2 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 849,60
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.561,50
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.610,40
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
	2	Trifásico	2 banheiros	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.918,40
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.331,10
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.892,00
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.028,50
	3	Trifásico	2 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.054,90
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.080,00
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 2.037,60
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
	4	Trifásico	2 banheiros	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.506,90
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.583,10
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 828,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
9°	1	Trifásico	3 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 882,00
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.561,50
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.650,00
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
	2	Trifásico	3 banheiros	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.958,00
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.393,50
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.892,00
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.028,50
	3	Trifásico	3 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.094,50
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.080,00
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 2.070,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-

Continua

Residências com alimentação trifásica

Combinações	Bloco	Tipo de tensão	Configuração sistema água	Monitoramento de energia	Monitoramento de água	Monitoramento de gás	Aplicativo	Preço (R\$)
9°	4	Trifásico	3 banheiros	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.546,50
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.615,50
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 828,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
10°	1	Trifásico	4 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 914,40
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.561,50
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 1.689,60
				(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.336,50
	2	Trifásico	4 banheiros	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.997,60
				(+1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.395,90
				(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	R\$ 1.892,00
				(+1)	(-1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.028,50
	3	Trifásico	4 banheiros	(-1)	(+1)	(-1)	(+1)	R\$ 1.134,10
				(+1)	(-1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.080,00
				(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	R\$ 2.102,40
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-
	4	Trifásico	4 banheiros	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 2.586,10
				(-1)	(+1)	(+1)	(+1)	R\$ 1.647,90
				(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	R\$ 828,00
				(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	-

Fonte: elaborado pela autora.