



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

# Processos da Engenharia de Requisitos no Contexto de Internet das Coisas (IoT) e Técnicas de Validação de Requisitos

Lucas da Silva Souza

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientadora  
Prof.a Dr. Edna Dias Canedo

Brasília  
2021



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas  
Departamento de Ciência da Computação

# Processos da Engenharia de Requisitos no Contexto de Internet das Coisas (IoT) e Técnicas de Validação de Requisitos

Lucas da Silva Souza

Monografia apresentada como requisito parcial  
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Prof.a Dr. Edna Dias Canedo (Orientadora)  
CIC/UnB

Prof. Fernando Antônio de Araújo Chacon de Albuquerque    Prof.a Dr.a Leticia Lopes Leite  
CIC/UnB    CIC/UnB

Prof. Dr. Wilson Henrique Veneziano  
Coordenador do Curso de Computação — Licenciatura

Brasília, 16 de agosto de 2021

# Dedicatória

Dedico este trabalho a minha finada tia Terezinha que, mesmo tendo discordâncias com relação a costumes e opiniões, sempre acreditou na minha capacidade em estudar e conseguir alcançar meus objetivos. Apesar de ser guerreira por enfrentar quatro tipos de câncer - o último, maligno - infelizmente não pôde ver, em vida, a realização de um sonho mútuo de acompanhar minha formação acadêmica.

Estendo a dedicatória para Maria Bernadete, minha avó materna, que foi professora concursada do Estado de Goiás por trinta anos, nas quais suas experiências e seu apoio foram fundamentais para a conclusão deste trabalho e do curso de Licenciatura em Computação.

Por fim, dedico este trabalho aos meus pais Erasmo e Geisa, por todo o apoio, assistência e paciência que tiveram comigo ao longo destes cinco anos de curso.

# Agradecimentos

Aos meus pais Geisa e Erasmo, por transmitir todos os ensinamentos, conselhos e até broncas para mim e meus irmãos. Também os agradeço por cada motivação dada em todas as etapas da minha vida estudantil, sobretudo a acadêmica.

Aos meus familiares, em especial aos tios Aparecido e Ceci, por todo o apoio dado para a conclusão desta jornada de forma totalmente isenta. Aproveito para registrar minha gratidão à minha prima Jeovana, por todos os esclarecimentos que tive com formalismos desta etapa da vida acadêmica, mesmo estando em um curso oposto ao meu.

Aos amigos de infância Leonardo, Marcos e Nathalia, que sempre me apoiaram e deram ânimo para todas as etapas da minha vida. Ana Paula, obrigado por toda a assistência dada para as diversas disciplinas de Exatas da Universidade de Brasília.

Amanda, Anne Carolina, Beatriz Chiarelli, Bruno Oliveira, Caio, Eduardo, Emerson, Gabriel, Gustavo Costa, Jaqueline, João Ricardo, Maria Zanchet, Mateus Rocha, Matheus Stauffer, Rodrigo e Vinicius, meus colegas de curso, por toda a assistência prestada em diversas disciplinas ao longo da minha vida acadêmica. Rafael Diniz e Angela, registro minha eterna gratidão por todas as caronas concedidas entre a UnB e a Rodoviária do Plano Piloto entre 2016 a 2019, seus atos me possibilitaram uma rápida chegada até minha residência e me motivou a permanecer nos estudos. Também estendo meus agradecimentos para Fábio e Rafael Leão, meus ex-colegas que seguiram caminhos opostos no meio desta jornada.

Aos colegas de outros cursos Ana Carolina, Beatriz Albernaz, Elaine, Fernanda, Jessyk, Kesia, Ranne e Wallace, pela vivência e todos os esclarecimentos de dúvidas em disciplinas nas quais fomos matriculados em semestres anteriores.

Aos professores Antônio, Jhames, Gustavo Van Erven, Alexandre e André, por todo o ensinamento transmitido ao longo da minha graduação nas disciplinas de Algoritmos e Programação de Computadores, Estrutura de Dados, Cálculo 1, Probabilidade e Estatística e Redes de Computadores. Fernando Albuquerque, jamais irei esquecer das suas aulas de Engenharia de Software e pela empatia prestada comigo e para meus colegas.

Andreia, Marília e ao meu irmão Mateus Souza, pela ajuda sobre estilizações CSS, formatações HTML e suporte com o framework Bootstrap, fundamentais para a elabo-

ração do guia. A Larissa, minha colega nas disciplinas de Teoria e Prática Pedagógica 1 e Informática e Sociedade, por toda a consultoria oferecida a cada "crítica destrutiva" solicitada por mim.

Aos meus amigos da FC Horizontes 35AM Danielle, Evaniel e Daniel que, mesmo morando longe, nunca deixaram de prestar amparo, ânimo e encorajamento desde a criação do grupo em 2010.

Ao Felipe, parceiro na disciplina de Projeto de Licenciatura 1, pela troca de experiências e os esclarecimentos prestados sobre IoT. Ao Roberto, que me auxiliou mesmo tendo se ausentado por razões pessoais. Ao Anderson, pelo apoio na tradução do guia. Por fim, ao Pedro, pelo apoio na elaboração dos gráficos.

Aos membros da COPPE/UFRJ, em especial Guilherme, Bruno Pedraça, Danyllo e Rebeca, por todos os esclarecimentos prestados com as suas publicações. Prolongo minha gratidão para a Valéria que, mesmo tendo deixado de ser membro da COPPE/UFRJ, esclareceu minhas dúvidas sobre sua publicação.

A todas as pessoas que, direta ou indiretamente, acreditaram e auxiliaram para que esta etapa pudesse ser concluída. A Carla, pelos incentivos dados a mim desde o início de nossa amizade em 2018. Ao Marcelo, Rogério e outros motoristas da UTB, onde quer que estejam, saiba que sou grato pelos seus atos de estender o horário de partida do ônibus na Rodoviária do Plano Piloto até minha chegada, possibilitando voltar para casa de modo que não preocupasse - ainda mais - os meus pais. Carolina, Wilson, Fátima e todos os membros do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília, por atenderem minhas solicitações desde o meu ingresso na UnB em 2016. Ao João Neto, Rangel, Sinara e Wagner, meus antigos colegas de estágio, pelo companheirismo, aos conselhos prestados ao longo dos dois anos de serviço e pelo apoio absoluto em uma ocorrência que me envolveu, vivências estas que moldaram o meu caráter.

A Edna Dias Canedo, professora, orientadora e minha conterrânea, que já tive a oportunidade de conhecê-la na disciplina de Técnicas de Programação 1, muito obrigado por tudo. Sua empatia, didática, motivação, experiência e simpatia permitiu que pudesse concluir esta monografia e desenvolver uma ferramenta capaz de elucidar problemas de uma área da TIC com rápida expansão. Jamais esquecerei do seu esforço em conciliar as aulas, revisões da monografia e lidar com os afazeres domésticos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio do Acesso ao Portal de Periódicos.

# Resumo

A Internet das Coisas possibilitou um engrandecimento nas possibilidades de automação e de facilitação do cotidiano das pessoas. Desde automação residencial até a edifícios inteligentes, o aumento da popularidade da IoT traz um desafio para o desenvolvimento de software e a engenharia de requisitos. Desenvolvedores e empresas não estão familiarizados com os processos e técnicas de validação de requisitos existentes no contexto de sistema IoT. Por conta disso, possíveis falhas de projeto e retrabalhos durante o desenvolvimento de software são problemas a serem considerados pelas equipes de desenvolvimento. O objetivo desse artigo é investigar na literatura os processos de engenharia de requisitos no contexto de IoT e as técnicas de validação de requisitos utilizadas. Além disso, apresentar um guia para apoiar as equipes de desenvolvimento de software a ter acesso fácil aos processos e técnicas propostas na literatura para este contexto. Nós realizamos um *survey* com os *practitioners* da indústria para investigar se eles usam e conhecem os processos e técnicas identificadas na literatura. Nossos achados revelam que a técnica mais utilizada pelos *practitioners* para realizar a especificação de requisitos são as reuniões com as partes interessadas e brainstorming e para validar requisitos são utilizados os protótipos e casos de uso.

**Palavras-chave:** Requisitos não funcionais, Sistema de Software, Internet das Coisas, Processos, Técnicas

# Abstract

The Internet of Things made possible an increase in the possibilities of automation and facilitation of people's daily lives. From home automation to smart buildings, the rise in IoT's popularity brings a challenge to software development and requirements engineering. Developers and companies are not familiar with the requirements validation processes and techniques that exist in the context of an IoT system. Therefore, possible project failures and rework during software development are issues to be considered by development teams. The aim of this article is to investigate the requirements engineering processes in the IoT context and the requirements validation techniques used in the literature. Also, present a guide to support software development teams to have easy access to the processes and techniques proposed in the literature for this context. We conducted a survey of industry practitioners to investigate whether they use and know the processes and techniques identified in the literature. Our findings reveal that the technique most used by practitioners to perform requirements specification are stakeholders meeting and brainstorming and to validate requirements are prototypes and use cases.

**Keywords:** Non-Functional Requirements, Software System, Internet of Things, Process, Techniques

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
1.1	Problema de pesquisa . . . . .	2
1.2	Justificativa . . . . .	2
1.3	Objetivos . . . . .	3
1.3.1	Objetivo Geral . . . . .	3
1.3.2	Objetivos Específicos . . . . .	3
1.4	Resultados Esperados . . . . .	3
1.5	Metodologia de Pesquisa . . . . .	4
1.6	Estrutura do Trabalho . . . . .	4
<b>2</b>	<b>Embasamento Teórico</b>	<b>6</b>
2.1	Engenharia de Requisitos . . . . .	6
2.1.1	Classificação de Requisitos . . . . .	8
2.1.2	Processos em Engenharia de Software . . . . .	8
2.1.3	Etapas do Processo em RE . . . . .	10
2.1.4	Técnicas para Realizar a Validação e Verificação de Requisitos . . . . .	12
2.1.5	Manutenções e custos . . . . .	15
2.2	Internet das Coisas . . . . .	16
2.2.1	Aplicações da IoT . . . . .	18
2.2.2	Dificuldades . . . . .	20
2.3	Processos de Engenharia de Requisitos no Contexto de IoT . . . . .	21
2.3.1	A Requirements Engineering Process for IoT Systems . . . . .	22
2.3.2	A UML-based Proposal for IoT System Requirements Specification . . . . .	24
2.3.3	TrUStAPIS: A Trust Requirements Elicitation Method for IoT . . . . .	25
2.3.4	REM4DSPL: A Requirements Engineering Method for Dynamic Software Product Lines . . . . .	26
2.3.5	Modeling IoT Applications with SysML4IoT . . . . .	27
2.3.6	Specifying Functional Requirements and QoS Parameters for IoT Systems . . . . .	28



2.3.7	Design Science and ThinkLets as an Holistic Approach to Design IoT/IoS Systems . . . . .	28
2.3.8	An Improved RE Framework for IoT-Oriented Smart Applications using Integrated Approach . . . . .	32
2.3.9	Detecting IoT Applications Opportunities and Requirements Elicitation: A Design Thinking Based Approach . . . . .	33
2.3.10	An Evidence-Based Framework for Supporting the Engineering of IoT Software Systems Mid-stage Research . . . . .	34
2.3.11	Non Functional Requirement Analysis in IoT based smart traffic management system . . . . .	36
2.3.12	Horizontal Requirement Engineering in Integration of Multiple IoT Use Cases of City Platform as a Service . . . . .	36
2.3.13	Towards Modelling and Analysis of Spatial and Temporal Requirements	37
2.3.14	Uma Tecnologia para Apoiar a Engenharia de Requisitos de Sistemas de Software IoT . . . . .	38
2.3.15	IoT Composer: Composition and Deployment of IoT Applications . .	40
2.3.16	Conversion Method for User Experience Design Information and Software Requirement Specification . . . . .	41
2.3.17	Key Abstractions for IoT-Oriented Software Engineering . . . . .	41
2.3.18	Towards a catalog of conflicts for HCI quality characteristics in Ubi-Comp and IoT applications: Process and first results . . . . .	43
2.3.19	Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly . . . . .	44
2.3.20	IoT System Development Methods . . . . .	47
2.3.21	Stakeholder Identification and Use Case Representation for Internet-of-Things Applications in Healthcare . . . . .	53
2.3.22	Intelligent Parking Management by Means of Capability Oriented Requirements Engineering . . . . .	53
2.4	Síntese dos Processos de Engenharia de Requisitos no contexto da IoT . . .	54
2.5	Técnicas de Validação de Requisitos no Contexto de IoT . . . . .	59
2.5.1	SCENAR <sub>IoT</sub> : Support for scenario specification of internet of things-based software systems . . . . .	59
2.5.2	SCENAR <sub>IoT</sub> CHECK: Uma Técnica de Leitura Baseada em <i>checklist</i> para Verificação de Cenários IoT . . . . .	61
2.5.3	Towards the Description and Representation of Smartness in IoT Scenarios Specification . . . . .	62
2.5.4	Requirement Engineering Technique for Smart Spaces . . . . .	65

2.5.5	Requirements for Testing and Validating the Industrial Internet of Things . . . . .	66
2.5.6	IoT Roadmap: Support for Internet of Things Software Systems Engineering . . . . .	71
2.6	Síntese das técnicas de validação em Engenharia de Requisitos no contexto da IoT . . . . .	72
2.7	Síntese do Capítulo . . . . .	73
<b>3</b>	<b>Metodologia de Desenvolvimento do Guia</b>	<b>74</b>
3.1	Questões de pesquisa . . . . .	74
3.1.1	RQ.1. Quais são os processos da Engenharia de Requisitos no contexto da IoT existentes na literatura? . . . . .	74
3.1.2	RQ.2. Quais as Técnicas utilizadas para realizar a validação de requisitos no contexto da IoT? . . . . .	75
3.1.3	RQ.3. Qual a percepção dos profissionais de desenvolvimento de software em relação aos processos da RE no contexto de IoT e das técnicas para realizar a validação de requisitos? . . . . .	77
3.2	Desenvolvimento do Guia Proposto . . . . .	80
3.2.1	Concepção do IoT-Guide . . . . .	80
3.3	Análise do <i>survey</i> . . . . .	83
3.4	Síntese do Capítulo . . . . .	83
<b>4</b>	<b>Resultados do Survey</b>	<b>84</b>
4.1	Perfil dos Participantes . . . . .	84
4.2	Processos da Engenharia de Requisitos e Técnicas de Validação de Requisitos	85
4.3	Limitações e Ameaças para Validação . . . . .	89
<b>5</b>	<b>Conclusões e Trabalhos Futuros</b>	<b>90</b>
	<b>Referências</b>	<b>92</b>
	<b>Apêndice</b>	<b>99</b>
<b>A</b>	<b>Pesquisa sobre processos e técnicas de validação em Internet das Coisas</b>	<b>100</b>

# Lista de Figuras

1.1	Etapas propostas para o trabalho. . . . .	5
2.1	Modelo linear [1] . . . . .	9
2.2	Modelo linear Iterativo [1] . . . . .	9
2.3	Modelo Iterativo não linear [1] . . . . .	10
2.4	Modelo em Espiral [1] . . . . .	10
2.5	Custos de uma manutenção de software baseado na evolução de desenvolvimento segundo Boehm [2]. . . . .	16
2.6	Funcionalidades da IoT segundo Silva [3]. . . . .	17
2.7	Modelo de processo em RE voltado a IoT [4]. . . . .	22
2.8	subprocesso 1: Definição de escopo [4]. . . . .	23
2.9	Subprocesso 2: Definição do sistema IoT [4]. . . . .	23
2.10	Subprocesso 3: Definição dos requisitos para o sistema IoT [4]. . . . .	24
2.11	Visão geral sobre o funcionamento da ferramenta ThinkLets [5]. . . . .	31
2.12	Funcionamento da ferramenta IoT Composer [6]. . . . .	40
2.13	Passos do processo proposto por Carvalho et al. no contexto da UbiComp [7]. . . . .	44
2.14	Modelo de Objetivos do SofiHub . . . . .	48
2.15	Processo de estruturação de uma IIA segundo Silva [3]. . . . .	59
2.16	Processo da SCENARI <sub>IoT</sub> CHECK com base na melhoria do processo SCENARI <sub>IoT</sub> proposto por Silva [3]. . . . .	63
3.1	Processos de RE no contexto da IoT propostos na literatura. . . . .	76
3.2	Técnicas de validação de requisitos utilizadas na literatura. . . . .	77
3.3	Página inicial do guia . . . . .	81
3.4	Processos da RE no guia. . . . .	82
3.5	Técnicas de validação de requisitos no guia . . . . .	82
4.1	Área de atuação, Natureza das suas operações e Tempo de Experiência . . . . .	85
4.2	Papel de atuação . . . . .	86

4.3	Técnicas de elicitação de requisitos utilizadas pelos profissionais . . . . .	86
4.4	Técnicas para validar requisitos utilizadas pelos profissionais . . . . .	87
4.5	Preocupações com o desenvolvimento de softwares IoT (envolvendo validação, elicitação e etc.) . . . . .	88

# Lista de Tabelas

2.1	Três fases do processo envolvendo a DSR [5]. . . . .	30
2.2	Questões chave levantadas por Zambonelli para a elaboração de um sistema utilizando IoT [8]. . . . .	42
2.3	Visão geral dos Processos de Engenharia de Requisitos no contexto da IoT .	58
2.4	<i>checklist</i> utilizada por Souza [9] para esclarecer possíveis inconsistências na SCENARI <sub>IoT</sub> . . . . .	62
2.5	Elaboração de um cenário baseado em <i>smartness</i> (inteligência), segundo Souza [10]. . . . .	64
2.6	Análise do cenário produzido pela técnica [10]. . . . .	65
2.7	Relação dos requisitos da CPPS com sua descrição, testes realizados e os desafios. Adaptado de Antão et al. [11]. . . . .	70
2.8	Visão geral das técnicas de validação de requisitos existentes em Internet das Coisas . . . . .	73
3.1	Questões do <i>survey</i> . . . . .	79

# Lista de Abreviaturas e Siglas

**5W1H** O que, Como, Quem, Quando e Por quê.

**ADL** Linguagem de Descrição de Arquitetura.

**AIIs** Arranjos de Interação IoT.

**AIOTI** Aliança para a Inovação em Internet das Coisas.

**ASME** Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos.

**BPMN** Notação de Modelagem de Processos de Negócio.

**CADP** Construção e Análises de Processos Distribuídos.

**CORE** Engenharia de Requisitos Orientada a Capacidade.

**CPPS** Sistemas Cibernéticos de Produção Física.

**CSS** Sistema de Software Contemporâneo.

**DE** Expositores de Dados.

**DOI** Identificador de Objeto Digital.

**DSPL** Linha de Produto de Software Dinâmico.

**DSR** Design Science Research.

**EoI** Entidade de Interesse.

**GIS** Sistema de Informação Geográfica.

**GORE** Engenharia de Requisitos Orientada por Objetivos.

**GSEM-IoT** Metodologia Geral de Engenharia de Software para a Internet das Coisas.

**HID** Dispositivo de Interface Humana.

**HTML** Linguagem de Marcação de Hipertexto.

**IBGE** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

**IIA** Arranjos de Interação em IoT.

**IoT** Internet das Coisas.

**IoT-AD** Desenvolvimento de Aplicativos IoT.

**IoT-RML** Linguagem de Modelagem de Requisitos em IoT.

**KAOS** Manter Todos os Objetivos Satisfeitos.

**LGPD** Lei Geral de Proteção de Dados.

**LNT** Nova Tecnologia LOTOS.

**M2M** Máquina para Máquina.

**MBD** Design Baseado em Modelo.

**RE** Engenharia de Requisitos.

**REM4DSPL** Método para Engenharia de Requisitos para Linhas de Produtos de Software Dinâmicos.

**RFID** Identificação por Radiofrequência.

**RR** Revisão Rápida.

**SAL** Linguagem de Arquitetura Srijan.

**SDL** Linguagem de Implantação Srijan.

**SDM** Métodos de Desenvolvimento do Sistema.

**SRS** Especificação de Requisitos de Software.

**SVL** Linguagem de Vocabulário Srijan.

**UbiComp** Computação Ubíqua.

**UFRJ** Universidade do Rio de Janeiro.

**UXD** Design de Experiência do Usuário.

**WoT** Rede das Coisas.

**WSN** Redes de Sensores Sem Fio.



# Capítulo 1

## Introdução

Na Engenharia de Software, existe uma subárea importante para toda a construção de software, a Engenharia de Requisitos (RE). Segundo Filho [12], esta subárea possui como responsabilidade principal a análise dos requisitos identificados por stakeholders e usuários finais, bem como detém consigo uma possibilidade de economizar custos ao simplificar e corrigir eventuais falhas nos requisitos elicitados, antes de ser repassado para as fases seguintes do processo de desenvolvimento de software, incluindo a validação de requisitos. Para Schwab [13], o advento da quarta revolução industrial - baseada em energias renováveis e computação quântica - surge como desafio para a RE, pois a Internet das Coisas (IoT) necessita de uma constante validação de dados, motivando a análise de técnicas existentes na RE para que todas estas informações sejam precisas.

De acordo com Santos et al. [14], a Internet das Coisas proporciona que objetos do dia-a-dia se comuniquem com a Internet, desde que seus recursos eletrônicos permitam esta tarefa. A comunicação com a Internet é realizada através de um dispositivo eletrônico com módulo integrado de conexão à rede. Desde sua criação, em 1999, a Internet das Coisas propõe o compartilhamento de informações em objetos, fornecendo informações e permitindo que os dispositivos controlem a si mesmos e a outros [15].

Fruto da evolução de áreas da tecnologia como eletrônica, sensores e sistema embarcados, a Internet das Coisas ganhou um destaque significativo nos últimos anos para pessoas e empresas, cujos interesses se convergem em ter maior praticidade e economia em suas atividades cotidianas [14], uma vez que equipamentos interligados podem proporcionar redução no consumo elétrico. Um exemplo atual de aplicação e popularização da Internet das Coisas são as televisões híbridas - as conhecidas Smart TV - que, segundo uma pesquisa realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) no ano de 2017, 20,6 milhões de brasileiros afirmaram que possui acesso a internet por meio da Smart TV, sendo portanto 16,3% da população brasileira [16], [17].

A área de Internet das Coisas possui uma grande finalidade e podem agregar uma

ampla gama de utilização nos dias atuais, facilitando ações cotidianas como a utilização de RFID para pagamento de passagem em transportes públicos, sensores que monitoram a temperatura do ambiente e atuadores capazes de fechar portões e janelas. Como exemplo, Afreen e Bajwa [18] citam uma aplicação de IoT voltada para o monitoramento de temperatura e luminosidade em depósitos frios, com a finalidade de preservar a integridade de alimentos congelados e, caso haja alguma anomalia, os gerentes são comunicados através de mensagens por telefones.

No entanto, a RE enfrenta um desafio com a quarta revolução industrial [13]. Controlados por seres humanos ou por outros equipamentos ligados na mesma rede, a definição de técnicas para validar os requisitos destes dispositivos se mostra importante para que seu funcionamento possa ser garantido pois os dispositivos são meros coletores de dados, porém os mesmos tendem a ter mais inteligência e necessidades [19]. Além disso, a sua rápida expansão tecnológica não avança no passo da legislação vigente em muitos países no tocante às questões de privacidade e segurança dos dados.

## 1.1 Problema de pesquisa

No contexto da Engenharia de Requisitos, a elaboração de uma documentação de software envolvendo os conceitos da Internet das Coisas demanda um cuidado em especial em decorrência de sua complexidade [3]. Além disso, as técnicas para validação de requisitos em aplicações desenvolvidas para o contexto da IoT são, até o presente momento, insuficientes em comparação com a rápida expansão das atividades que envolvem os dispositivos IoT.

Neste trabalho, será realizado um estudo dos processos da Engenharia de Requisitos e das técnicas existentes para realizar a validação (inspeção) de requisitos existentes no contexto de Internet das Coisas (IoT). Além disso, analisaremos as possibilidades de aplicar os processos e técnicas identificados na literatura para realizar a elicitação e validação de um requisito de software ou de usuário.

## 1.2 Justificativa

Na comunidade científica e comercial, existe um grande desafio em relação aos processos e técnicas de validação de requisitos utilizando recursos de dispositivos IoT, sobretudo, pela possibilidade dos dados serem imprecisos. Além disso, as técnicas para validação de requisitos propostas na literatura são pouco aplicadas em aplicações do mundo real.

Diante deste cenário, identificar na literatura e na indústria as técnicas mais adequadas para realizar a validação de requisitos no contexto da Internet das Coisas, permitirá aos

membros das equipes de desenvolvimento de software realizar a validação dos requisitos de uma maneira mais eficaz e menos passível de erros, principalmente neste cenário atual em que estamos vivendo e que os software de IoT se tornaram ainda mais importantes.

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho consiste em investigar os processos e as técnicas existentes na Engenharia de Requisitos no contexto de Internet das Coisas (IoT) para realizar a validação de requisitos e propor um guia para apoiar os profissionais da área de desenvolvimento de software no contexto de IoT.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Para atingir o Objetivo Geral, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

1. Realizar uma revisão de literatura para investigar os processos da engenharia de requisitos existentes no contexto de IoT;
2. Realizar uma revisão de literatura para investigar as técnicas existentes para realizar a validação de requisitos na engenharia de requisitos no contexto de IoT;
3. Elaborar um *guideline* com os processos da engenharia de requisitos no contexto de IoT e as técnicas identificadas para validar requisitos no contexto de IoT, apresentando as suas características e sugestões de uso;
4. Validar o *guideline* proposto através de um survey ou grupo focal e realizar melhorias, caso necessário.

## 1.4 Resultados Esperados

Como resultado deste trabalho, espera-se a construção de um *guideline*, disponibilizado através de um portal online, contendo os processos da engenharia de requisitos propostos para o contexto da IoT, bem como das técnicas existentes para realizar a validação de requisitos no contexto da IoT. Esse *guideline* irá apoiar os profissionais das equipes de desenvolvimento de software a encontrar em um único local os processos e as ferramentas existentes. Além disso, irá apoiá-los na escolha das técnicas a serem utilizadas nas suas atividades diárias, tornando uma importante ferramenta para os Engenheiros de Software.

## 1.5 Metodologia de Pesquisa

A metodologia adotada neste trabalho consiste de um método dedutivo, capaz de alcançar um caso específico com base em premissas estabelecidas. De acordo com Citkin e Wybraniec-Skardowska [20], este tipo de conhecimento - comumente abordado na área de Lógica Computacional - também se expande para critérios metodológicos, nas quais ambas convergem em definir uma conclusão como verdadeira, desde que suas premissas também sejam verdadeiras.

Com base neste método, será adotado uma pesquisa descritiva. De acordo com Wazlawick [21], o levantamento da bibliografia e da documentação - incluindo leis, portarias e outros documentos oficiais - proporciona ao pesquisador uma gama de informações que podem ser fundamentais para a revisão literária, isto tudo sem a necessidade de elaborar teorias. Assim, a estrutura metodológica deste trabalho é composta de três etapas, conforme apresentado na Figura 1.1. As etapas são:

1. **Revisão de Literatura:** nesta etapa, será abordado os conhecimentos relacionados à Engenharia de Requisitos, Internet das Coisas e técnicas para a validação de requisitos existentes na literatura no contexto de IoT. Será utilizado, nesta fase, o procedimento de pesquisa bibliográfica, cujas referências serão obtidas nas bibliotecas digitais: Computer Science Bibliography e Google Scholar;
2. **Método de Desenvolvimento:** nesta etapa, será analisada todas as métricas adotadas para a elaboração do Guia, desde a concepção até a implementação. Estas decisões serão detalhadas no Capítulo 3;
3. **Análise de viabilidade:** utilizando uma abordagem qualitativa, será realizado uma pesquisa com os profissionais da indústria para investigar a aceitação do guia proposto. Os dados obtidos no *survey* serão utilizados para analisar a viabilidade do Guia proposto.

## 1.6 Estrutura do Trabalho

No Capítulo 2, apresentamos o referencial teórico com a finalidade de aprofundar os conhecimentos gerais sobre Engenharia de Requisitos e Internet das Coisas. Após, é realizado uma revisão de literatura para identificar os processos e técnicas de validação de requisitos no contexto da IoT.

No Capítulo 3, apresentamos o detalhamento metodológico com o intuito de estabelecer objetivos para a criação de um guia contendo os processos e técnicas de validação de requisitos em Internet das Coisas, bem como a validação através de um *survey*.

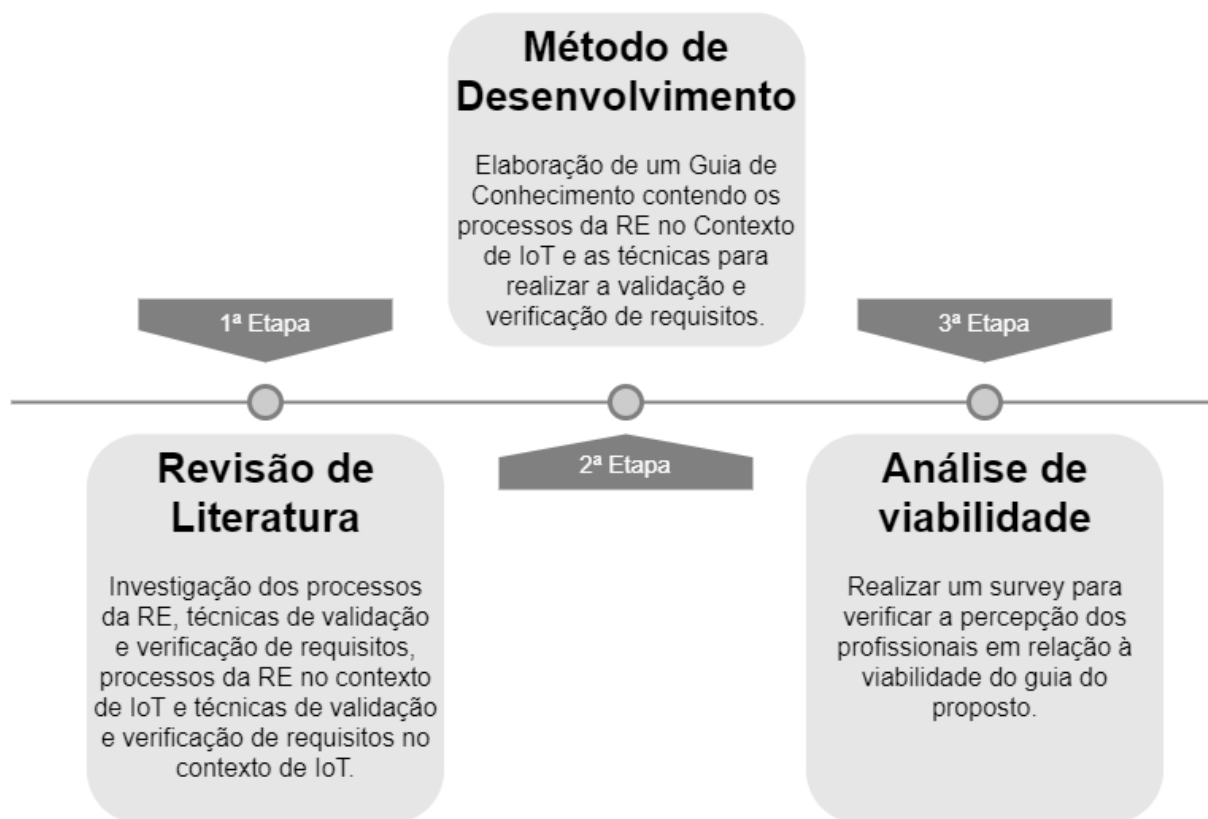


Figura 1.1: Etapas propostas para o trabalho.

No Capítulo 4, os resultados provenientes do survey são apresentados, bem como as limitações e ameaças para a validação deste trabalho. Já no Capítulo 5, concluímos este trabalho com as considerações finais e trabalhos futuros.

# Capítulo 2

## Embasamento Teórico

Este Capítulo apresenta os conceitos necessários para o entendimento deste trabalho. Na Seção 2.1 é apresentando os conceitos gerais relativos a Engenharia de Requisitos. Na Seção 2.2 é abordado as questões relacionadas a Internet das Coisas (IoT). A Seção 2.3 apresenta os processos existentes para validação de requisitos em dispositivos IoT. A Seção 2.4 realiza uma síntese dos processos existentes na validação de requisitos IoT. Já na Seção 2.5 são apresentadas as técnicas propostas para a validação de requisitos no contexto da IoT. Com base nisso, a Seção 2.6 destaca uma visão geral das técnicas de validação de requisitos em IoT.

### 2.1 Engenharia de Requisitos

Engenharia de Requisitos (RE), uma subárea da Engenharia de Software, possui relevância para a elaboração de um software por possuir a responsabilidade de levantar todas as solicitações requeridas pelo stakeholder, elaborar uma documentação e repassar todos estes requisitos para todas as partes interessadas de maneira clara, concisa e sem ambiguidades [12].

Outra principal responsabilidade desta área é a redução dos custos ao longo do processo. Um destas fases, chamada de Validação de Software, possui como objetivo identificar informações conflitantes (seja por ambiguidade ou conflitos com a legislação) e solucioná-las antes de ser iniciada a construção do software. De acordo com Kalinowski e Spínola [22], os custos para reparar um eventual erro cometido por falha na análise de requisitos pode variar de acordo com o nível de evolução do desenvolvimento, sendo bastante caro caso alguma inconsistência seja encontrada na fase final do produto de software.

Todas estas questões ocorrem através de um ponto de partida mutualmente relacionado, os stakeholders. Bourque e Fairley [23] afirmam que, em todo projeto relacionado

a RE, é necessário definir os atores, escutar suas necessidades, para que posteriormente possa ser feita a validação destes requisitos, seguida pela compilação e verificação com os usuários. Os atores são:

- Usuário: pessoa que irá utilizar o produto final, sem nenhuma relação com o desenvolvimento de um software;
- Clientes: parte principal do projeto de software, são as pessoas que encomendam o software para proporcionar uma boa experiência de seus serviços para os clientes da companhia;
- Analistas de mercado: ator que tem o papel de sondar novas tecnologias e tendências no meio externo, podendo adicionar algumas ideias ao projeto;
- Reguladores: tipo de ator que deve possuir domínio na área de atuação para projetos de software que envolvam portarias e outras normas, como bancos, mineração e logística;
- Engenheiros de Software: primordial para todo o projeto de desenvolvimento do software, possui a responsabilidade de executar as seguintes atividades: ouvir os clientes, validar seus requisitos (isto é, verificar inconsistências), compilar e verificar o sistema junto com os clientes e aguardar feedback. Todas estas funções devem ser executadas de modo a proporcionar uma redução nos custos do projeto.

Avila e Spínola [24] definem a Engenharia de Requisitos (RE) como um conjunto de atividades que coordenam a produção e gerência de um projeto de software. As atividades são:

- Produção de Requisitos: construção do projeto de software, em que os requisitos, uma vez categorizados, são registrados através de uma documentação detalhada, para que possam ser verificados (com a finalidade de eliminar possíveis inconsistências, como ambiguidades e outros tipos de problemas) e validados com os stakeholders.
- Gerência de Requisitos: é a parte sensível da RE em decorrência de mudanças alheias ao projeto - mudanças na legislação ou mercado - e por eventuais falhas que passaram despercebidas pela fase de verificação de requisitos. Neste contexto, possui a responsabilidade de coordenar mudanças, gerenciar configurações (permite realizar as mudanças necessárias sem ferir a integridade do software), realizar a rastreabilidade (isto é, criar e manter um escopo para as funções) e gerenciar a qualidade dos requisitos, esta última, análoga à Produção de Requisitos.

### 2.1.1 Classificação de Requisitos

Vazques e Simões [25] definem requisitos como as informações dadas pelos stakeholders de uma organização, informando suas particularidades, descrevendo permissões, restrições e todas as condições necessárias para que um sistema satisfaça suas necessidades. Segundo Bourque e Fairley [23], existem duas categorias de requisitos vigentes na RE:

- Requisitos funcionais: descreve as funções principais que um software deve executar a cada comando de usuário, como o ato de informar credenciais;
- Requisitos não funcionais: ferramentas que envolvem o escopo dos requisitos funcionais, com a finalidade de proporcionar maior controle sobre um sistema, concedendo ou restringindo permissões para usuários.

Segundo Sommerville [26], os requisitos não funcionais, por realizar restrições, são categorizados em três modos, de acordo com as políticas internas da companhia ou por fatores externos:

- Requisitos de produto: concedem permissões ou negam acesso para alguns tipos de usuário;
- Requisitos organizacionais: são regras impostas pelo cliente (de acordo com as políticas internas da empresa) para acesso a certas funcionalidades do software;
- Requisitos externos: sistemas cujo funcionamento dependem de permissões concedidas por fatores alheios aos stakeholders, como certificações de segurança para bancos.

### 2.1.2 Processos em Engenharia de Software

Engenharia de requisitos é uma parte fundamental do desenvolvimento de um software como um todo. O procedimento de coletar, analisar e documentar os requisitos é fundamental para o produto final ter a qualidade desejada [1]. Processos em RE podem ser desenvolvidos de maneiras distintas que resultam em um modelo de engenharia de requisitos, nos quais citamos quatro [27]:

#### 1. Modelo de processo de RE linear

Um dos modelos mais simples na literatura de engenharia de requisitos e é destinado para projetos pequenos e com pouca escalabilidade. O desenvolvimento é composto por cinco etapas, conforme apresentado na Figura 2.1.



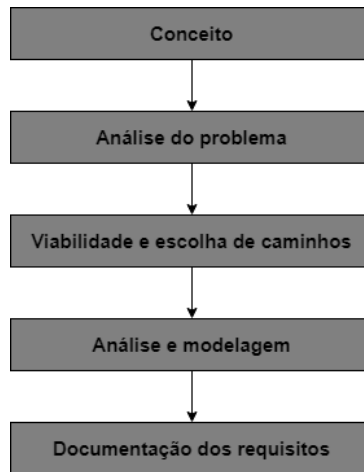


Figura 2.1: Modelo linear [1]

## 2. Modelo de processo de RE linear iterativo

Este modelo é parecido em questão de etapas com o modelo de processo linear, porém, conforme apresentado na Figura 2.2, determina uma maior precisão nas especificações e na validação de requisitos, pelo fato de que essa etapa no processo é efetuada até os stakeholders ficarem satisfeitos [1].

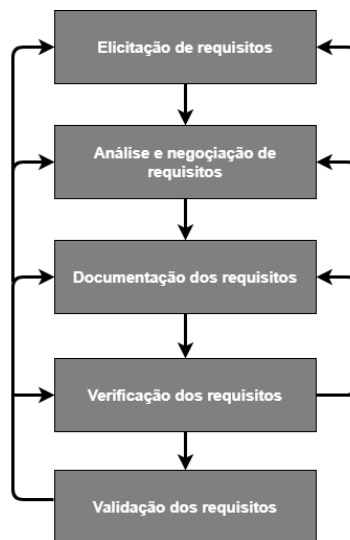
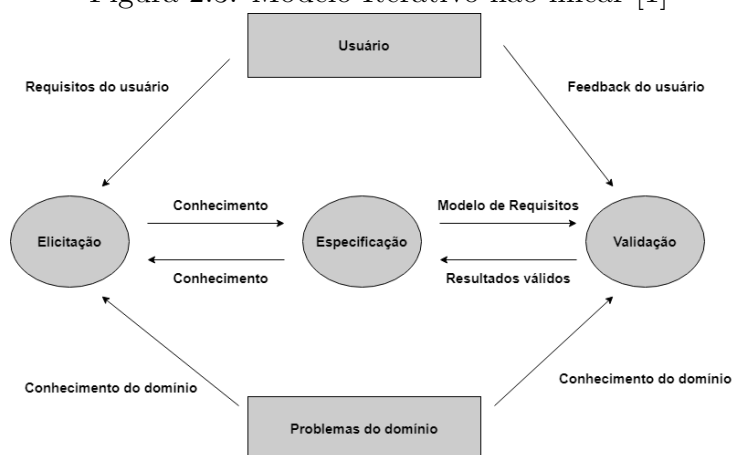


Figura 2.2: Modelo linear Iterativo [1]

## 3. Modelo de processo de RE iterativo

Este modelo é composto de três fases principais: elicitação, especificação e validação dos requisitos. De acordo com o apresentado na Figura 2.3, segue um caminho não linear e retira os requisitos se baseado nos stakeholders e problemas do domínio. [1].

Figura 2.3: Modelo Iterativo não linear [1]



#### 4. Modelo de processo de RE espiral

Modela o processo de RE em uma espiral, em que cada volta na espiral significa passar por todos os processos envolvidos para os requisitos. A espiral é dividida em quatro quadrantes em que cada um possui uma tarefa na RE, como pode ser observado na Figura 2.4 [1].

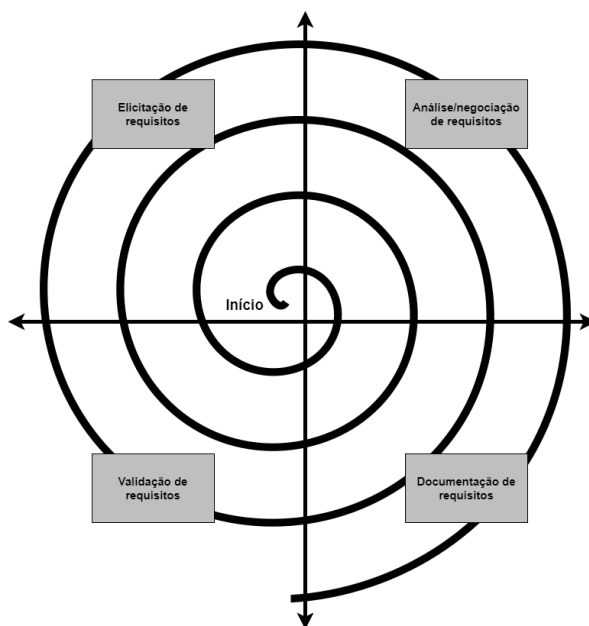


Figura 2.4: Modelo em Espiral [1]

### 2.1.3 Etapas do Processo em RE

Os modelos de processo em RE tem como principal diferença entre si a ordem e o meio de execução das fases do processo. Contudo, apresentam etapas semelhantes durante todo

seu processo. No processo de desenvolvimento do sistema, a engenharia de requisitos deve fazer a elicitacão de requisitos com os interessados do projeto, documenta-los de forma correta, validar e verificar se esses requisitos estão em conforme com o projeto como um todo, além de geri-los por todo o ciclo de vida do sistema [28].

- **Elicitaco**

A elicitacão de requisitos  executada pelo conhecimento do contexto do sistema a partir das diversas fontes de requisitos. Os requisitos podem vir a partir de três fontes diferentes. Elas são divididas em stakeholders, documentos e algumas vezes sistemas antigos em operacão. Durante essa etapa, uma boa organizaco e comunicaco com os stakeholders são essenciais para que o processo seja feito de uma maneira completa e bem feita [28].

- **Documentaco**

A quantidade de requisitos dentro do sistema impacta a complexidade dessa etapa. Por muitas vezes, o projeto apresenta uma quantidade muito vasta de requisitos, essa etapa se mantm importante para que o pessoal envolvido e não envolvido com o projeto consigam compreender todos os requisitos. Além disso, a localizaco e modificaco de requisitos conforme o andamento do projeto  muito facilitada [28].

- **Validaco e verificaco**

Os requisitos elicitados e documentados precisam sofrer uma validaco para que se garanta que as ideias dos stakeholders estejam sendo respeitadas e se os critérios de qualidade previamente definidos estão sendo cumpridos. Com isso, o objetivo da validaco e verificaco  descobrir erros nos requisitos documentados. Incompletude, contradioes e ambiguidade são problemas que podem ser encontrados e solucionados nessa etapa do processo [28]. Apesar de serem similares, a etapa de verificaco pode ser diferenciada com a de validaco por meio dessa análise [29]:

- Validaco: "Estou fazendo o produto correto?"
- Verificaco: "Estou fazendo corretamente o produto?"

- **Gerência**

Gerenciar os requisitos também  uma das principais etapas e garante a disponibilidade dos requisitos por todo o ciclo de vida do sistema. Essa manuteno ocorre tanto em requisitos individuais como em uma documentaco de requisitos completa. Versionamento, rastreabilidade e designar atributos aos requisitos são algumas das técnicas utilizadas para geri-los [28].

## 2.1.4 Técnicas para Realizar a Validação e Verificação de Requisitos

O processo de validação e verificação de requisitos é composto de atividades menores como revisar, analisar e testar para que se tenha certeza que o sistema desenhado é compatível com seus requerimentos [29].

Para esses passos serem bem estruturados foram criadas e aprimoradas diversas técnicas na literatura que permitem um melhor uso de tempo e recursos pelas pessoas envolvidas no sistema. Técnicas de validação de manuais ou documentação de requisitos, também conhecidas como revisões, são muito utilizadas nesse processo [28]. Elas podem ser classificadas principalmente por seis tipos de revisões:

### 1. Revisão de um especialista

Esta técnica se baseia em utilizar os conhecimentos de outra pessoa, um especialista, para fazer um julgamento a respeito da qualidade dos requisitos. O especialista revê todos os requisitos e busca por problemas como inconsistência ou ambiguidade. Quando é encontrado algum problema, o revisor comenta na documentação os erros e possíveis soluções para consertá-los.

### 2. Inspeção dos requisitos

Esse método normalmente é constituído de de múltiplas fases e pessoas, portanto, é um processo detalhado e minucioso para verificar presença de erros nos requisitos. A equipe de uma inspeção é formada de seis funções distintas, sendo elas [28]:

- **Organizador:** Planeja e controla o processo de inspeção;
- **Moderador:** Lidera as sessões, mantendo sempre o seguimento da inspeção conforme combinado nas etapas iniciais;
- **Autor:** Responsável para explicar os requisitos para os inspetores nas fases iniciais do projeto. O autor é responsável também por corrigir os erros levantados pelas últimas etapas do processo;
- **Leitor:** Membro da equipe que guiará os inspetores diante dos diversos requisitos a serem inspecionados. A função dele é tirar a responsabilidade do inspetor de interpretar o que o autor quis dizer, e eles poderem se concentrar no requisito em si;
- **Inspetores:** Responsáveis por detectar as falhas e reporta-las para os outros membros do projeto;
- **Secretário:** Responsável por pegar o resultado da sessão e compila-los, além de preparar a ata para a sessão;

A inspeção dentro do contexto de validação de requisitos pode ser dividida nas etapas de planejamento, visão geral, detecção de falhas e coleta de falhas [28]:

- (a) **Planejamento:** É o começo de tudo, nesta etapa é traçado o objetivo da inspeção, o desenvolver do processo e as funções de cada participante;
- (b) **Visão geral:** Nesta fase o autor detalha todos os requisitos a sua equipe para que todos estejam cientes do sistema em questão e possam esclarecer eventuais dúvidas;
- (c) **Detecção de falhas:** Os requisitos são efetivamente examinados pelos inspetores nesta fase e documentadas para a próxima etapa. A busca de falhas pode ser feita tanto em equipe quanto individualmente. A busca em grupo possui a vantagem de comunicação e conseqüente sinergia entre os inspetores enquanto a busca individual faz com que todos fiquem focados no trabalho;
- (d) **Coleta de falhas:** A última fase dessa técnica é para a coleta e consolidação de todas as falhas apresentadas pela etapa de detecção. Nesta etapa é feita a checagem em todos os erros em busca de erros duplicados ou erros que na verdade não são erros, mas foram detectados como tal por má interpretação dos requisitos.

### 3. Walkthrough

O Walkthrough é uma técnica parecida com a inspeção, porém é uma versão mais simples e menos rígida [28]. A divisão da equipe é mais simplificada, tendo várias funções podendo ser desempenhadas pela mesma pessoa. Nessa técnica, são usadas as funções de pelo menos um revisor, autor, secretário e moderador. Esse método é feito para identificar falhas nos requisitos e compartilhar o entendimento do projeto entre as pessoas envolvidas no projeto.

### 4. Verificação em diferentes perspectivas

Essa técnica faz a validação dos requisitos através uma interpretação do sistema levando em conta diversas perspectivas distintas [28]. Com diversos pontos de vista únicos, o foco e resultados obtidos na validação de requisitos tem uma melhora significativa. As perspectivas normalmente variam de sistema para sistema mas, é possível ao menos elicitar alguns tipos que ocorrem geralmente em todo projeto e que podem ser adaptados:

#### Perspectivas dos stakeholders

- **Perspectiva do cliente:** O cliente ou usuário checa os requisitos a partir de sua perspectiva e verifica se condiz com a realidade e qualidade esperadas;
- **Perspectiva do desenvolvedor:** O desenvolvedor verifica se os requisitos contêm todas as informações e propriedades necessárias para que o projeto consiga ser feito;
- **Perspectiva de teste:** O testador verifica se com os requisitos presentes é possível fazer casos de teste que satisfazem todo o projeto.

### Perspectivas de qualidade do sistema

- **Perspectiva de documentação:** Nessa perspectiva é assegurado que a documentação envolvendo os requisitos atenda todas os critérios anteriormente discutidos;
- **Perspectiva de conteúdo:** Perspectiva que trata do conteúdo dos requisitos em si, e foca na qualidade desse conteúdo;
- **Perspectiva de acordo:** Nesta perspectiva, o foco é assegurar que todos os envolvidos no projeto estejam de acordo com os requisitos levantados e se não há nenhum conflito a ser solucionado.

A técnica de validação usando diferentes perspectivas pode ser usada independentemente ou em conjunto com alguma outra técnica de revisão vista anteriormente. É importante, nesta técnica, detalhar o que será abordado em cada perspectiva para que todos estejam entendendo o que irá ser focado em cada uma visão, para que não haja retrabalho posteriormente.

## 5. Validação por prototipagem

Protótipo é um modelo preliminar de um sistema completo. Com isso, o que essa técnica faz é usar esse modelo a favor da validação de requisitos. A partir de um protótipo do projeto, requisitos podem ser testados e validados de forma prática pelos stakeholders e é verificado se atendem ao objetivo originalmente traçado. Os protótipos podem ser divididos dependendo da destinação deles em protótipos descartáveis ou protótipos evolutivos [28]. Os descartáveis servem somente para o teste atual e não irá ser colocado em produção novamente, já o evolutivo é um protótipo que fica em constante evolução conforme o projeto se desenvolve e, por isso, requer um maior trabalho para sua realização. Para que um protótipo seja feito, é preciso selecionar os requisitos que ele ira contemplar. Esse conjunto normalmente não cobre todos os requisitos, já que traria uma elevação nos custos e complexidades. Por isso, é preciso determinar um critério de seleção de requisitos visando determinar quais requisitos considerar no desenvolvimento do protótipo.

Junto com o protótipo em si, são necessários mais três documentos para que seja feita a validação dos requisitos [28], sendo:

- Um manual para os integrantes que vão utilizar o protótipo que conste todas as informações de uso e aplicação;
- Um documento que conste vários cenários para a validação dos requisitos e uma lista de verificações com todas os requisitos que estão querendo ser validados. Cenários que não constam nos documentos podem e devem ser testados depois de todo o processo para que se verifique o sistema em diversas situações e circunstâncias que não foram planejadas de início.

Após a finalização da validação, os resultados são compilados e discutidos. Alteração, remoção ou adição de requisitos são consequências durante essa etapa. Se as alterações forem significativas ou impactantes, é aconselhável a remodelação do protótipo para que abrange essas mudanças e seja possível de ser feito uma nova validação [28].

## 6. Validação por *checklist*

A técnica de *checklist* é utilizada em projetos complexos e quando o sistema possui diversas questões que precisam ser levadas em conta. As listas de verificação podem ser utilizadas em conjunto com diversas outras técnicas e ela é composta de perguntas ou afirmações para identificar os erros contidos nos requisitos. A fonte para a construção da *checklist* pode vir tanto dos stakeholders quanto de critérios de qualidade de requisitos que a literatura dispõe. A lista pode sempre estar sendo atualizada conforme o projeto avança e novas funcionalidades e requisitos surgem, por isso, remoção de perguntas ambíguas, edição e adição de informações são sempre bem vindas conforme o projeto vai se desenvolvendo. O sucesso da técnica vai depender da extensão e complexidade da *checklist*. Uma lista muito longa e cheia de detalhes pode fazer o processo ficar mais lento e inviável para o auditor. O mesmo pode ocorrer se a lista for muito subjetiva, tornando o processo de validação lento e suscetível a falhas.

### 2.1.5 Manutenções e custos

Segundo Boehm [2], manutenções no software que ocorrem por decorrência de falha na fase da validação de requisitos, podem multiplicar os custos relativos de todo o projeto - produtividade, tempo e custo - em até quarenta vezes do que foi previsto na fase de planejamento, conforme apresentado na Figura 2.5.

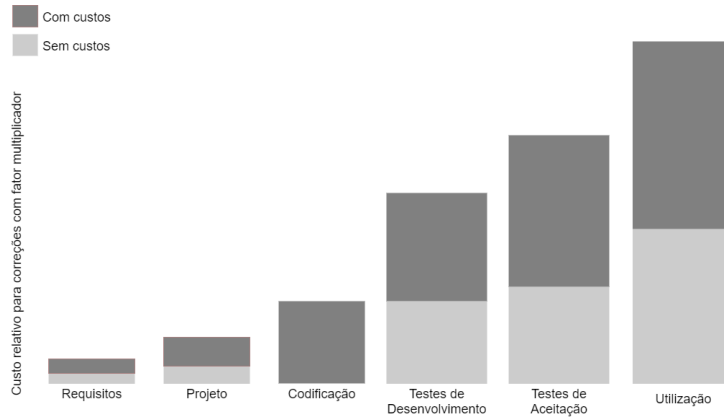


Figura 2.5: Custos de uma manutenção de software baseado na evolução de desenvolvimento segundo Boehm [2].

## 2.2 Internet das Coisas

Durante o século XVIII, a Revolução Industrial foi um fato histórico e seu legado é vivenciado até os dias atuais. Iniciada entre 1760 e 1840, este conceito até então inovador impulsionou o processo de industrialização - que antes carecia exclusivamente de mão-de-obra - e, como consequência, movimentou a economia global e gerou uma grande evolução em processos de produção. Marcada por três renovas - mecânica (até o final do século XIX), elétrica (início do século XX) e eletrônica (ainda no século XX, mas em 1960) - estas evoluções serviram como base para a quarta revolução industrial, chamada por estudiosos como a "indústria 4.0", utilizando conceitos atuais como nanotecnologia, computação quântica e uso de energias renováveis, assuntos estes que convergem para um ponto em comum: a Internet das Coisas (IoT), onde as três fases da Revolução Industrial podem ser automatizadas através de dispositivos com conexão a Internet [13].

O conceito Internet das Coisas (IoT) foi criado em 1999 por Kevin Ashton, sendo considerado um conceito inovador e até futurista, considerando o fato da Internet, naquele período, estar dando seus primeiros passos no que tange a popularização [3]. Inicialmente, sua utilização foi colocada em prática através da Identificação por Radiofrequência (RFID), que consiste de dois leitores e uma etiqueta de rádio frequência. Seu uso foi disseminado para indústrias, serviços hoteleiros, transportes públicos e residências, mesmo havendo limitações de desempenho naquela época.

Para Santos [14], a IoT se difundiu em 2010 graças a descoberta da Redes de Sensores Sem Fio (WSN). Identificada como uma 'tecnologia emergente' em 2012, estimava-se que o tempo entre a sua implementação e a utilização pelo mercado consumidor demoraria dez anos, no entanto, ocorreu o oposto [9]. Contrariando as estimativas negativas sobre



a IoT, o portal Statista<sup>1</sup>, relevante site no que diz respeito a análise de dados, estimou que até 2025 o mundo terá 21,5 bilhões de dispositivos conectados a Internet. Para Silva [3], dispositivos IoT, uma vez conectados, podem ser capazes de realizar diversas ações no cotidiano do usuário, conforme apresentado na Figura 2.6.

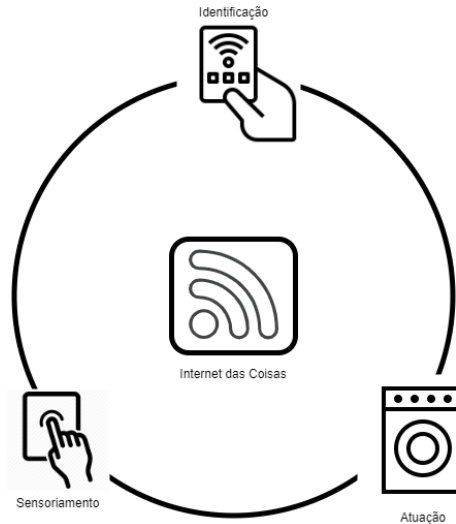


Figura 2.6: Funcionalidades da IoT segundo Silva [3].

- Identificação: realiza a autenticação de pessoas e veículos através de tecnologias como o RFID;
- Sensoriamento: detecta movimentos, analisa a saúde do usuário e liga componentes conforme uma temperatura determinada;
- Atuação: fica disponível para ligar componentes elétricos e eletrônicos através de comandos, por humanos ou por dispositivos conectados na mesma rede.

Uma das vantagens em relação a Internet das Coisas é a sua facilidade em realizar manutenções. Plataformas como Arduino e Raspberry permitem que o usuário possa defini-las para executar infinitas possibilidades através da programação voltada nas interfaces digitais e analógicas providas na placa destes dispositivos [30]. Nestas interfaces é possível conectar uma infinidade de componentes eletrônicos, de entrada ou saída, a maioria destes com preços acessíveis no mercado [14]. Por outro lado, a área de Redes de Computadores sofre com a escassez de endereços IPv4, tendo algumas de suas causas relacionadas a IoT. Este contratempo motivou a necessidade de implementar o protocolo IPv6 [31].

---

<sup>1</sup>O Statista estabeleceu estimativas nos anos anteriores a 2025. Fonte: <https://www.statista.com/statistics/1101442/iot-number-of-connected-devices-worldwide/>

### 2.2.1 Aplicações da IoT

De desktops a smartphones, todos os dispositivos eletrônicos com capacidade de enviar ou receber dados através da Internet ou outros meios de conexão, proporciona a indústria e ao consumidor uma melhor automação em processos, redução de custos e maior controle sobre dispositivos, todos estes atrelados a IoT. Todos os recursos com uma variedade de sensores embutidos permitem diversas aplicações em potencial [30]. Neste quesito, Lacerda [32] destaca cinco utilidades para a IoT.

#### Cuidados com a Saúde (Healthcare)

A Internet das Coisas evoluiu de maneira significativa neste aspecto graças a capacidade dos dispositivos interligados em realizar um monitoramento efetivo de atividades físicas e condições de saúde do usuário [30]. Dispositivos vestíveis como smartwatch (relógio com funções e monitoramento integrado a um smartphone) são recomendados para o monitoramento de atividades físicas, bem como pode ser utilizado para monitorar doenças crônicas, como por exemplo o mal de Parkinson [33].

Para Souza [9], este monitoramento dos pacientes através da IoT torna mais rápido o processo de diagnóstico, de identificação e da análise das condições de saúde do paciente. Além destes, dispositivos IoT ligados a área de saúde também podem coletar dados e rastrear os locais onde a pessoa frequentou, embora este assunto afete questões de privacidade previstas por legislações de cada país [30].

#### Casa

Santos et al. [14] definiu esta categoria da IoT como *Smart Home* (casas inteligentes) devido ao fato dos dispositivos interligados poderem controlar, por si mesmos ou por ação humana, todos os equipamentos elétricos e eletrônicos dentro da residência do usuário. Em casas e apartamentos, a IoT se mostra bastante eficiente em vários aspectos. Para Milenkovic [30], a Internet das Coisas dentro de um ambiente residencial pode proporcionar:

- Conforto: controle de luz, de temperatura ou ligar/desligar dispositivos;
- Segurança: abrir/fechar portões a uma certa distância ou avisar sobre janelas e portas abertas;
- Redução de custos: desligamento automático de luzes e equipamentos que não estão sendo utilizados por um tempo determinado.

## **Indústria**

Ao longo dos anos, a indústria criou maneiras de automatizar seus processos e reduzir custos. Graças a terceira geração da Revolução Industrial, baseada na eletrônica, diversas empresas aumentaram seu grau de eficiência e precisão em consonância com a redução de gastos. Atualmente, a quarta geração industrial - ou a Indústria 4.0 - utiliza tecnologia sofisticada com foco no controle via IoT sem deixar de lado a responsabilidade ambiental [13].

O uso de sensores, um dos componentes fundamentais dentro da Internet das Coisas, se mostra importante para a indústria em tempos atuais. Através da conectividade presente na IoT, uma vez programados, os robôs industriais podem executar funções de acordo com os dados colhidos pelos sensores [30]. Estes sensores também se mostram úteis para detecção de possíveis falhas e situações atípicas dentro das fábricas, como um incêndio.

Parte fundamental na segurança alimentar mundial, os conceitos de industrialização no rol da Internet das Coisas se expande para o agronegócio, dando ao agricultor as ferramentas necessárias para monitorar sua plantação ou seus animais. Para Rezk et al. [34], a IoT pode ser utilizada para mapeamento de uma fazenda, verificar dados de cada animal (importante para veterinários), automatizar o processo de rega (ato de pulverizar água nas plantações), controlar a temperatura do leite em tanques, dentre outras utilidades para o funcionamento de uma propriedade rural.

## **Transportes**

A Internet das Coisas também se ramifica a meios de transporte e itens compostos nos mesmos, coordenando de bicicletas públicas a caminhões, bem como cria meios para evitar aumento da poluição atmosférica e congestionamentos. Veículos conectados podem fornecer dados sobre sua localização, nível de tanque, avisos sobre manutenções preventivas e, para transporte em massa ou particular, informações sobre a lotação do veículo [35]. Estas situações são primordiais para metrópoles em decorrência da necessidade de um transporte rápido.

Em razão do crescimento urbano, surgiu um problema crônico com relação a transportes nas capitais e regiões metropolitanas de cada país. Nos últimos anos, as ferramentas de mapeamento das ruas, avenidas e rodovias, propostas no Google Maps, se tornou um artifício para driblar engarrafamentos e mostrar para o usuário as informações sobre o tráfego (se está livre ou pesado). Estas informações são coletadas de acordo com o envio da localização - GPS - de cada smartphone conectado à plataforma e que podem ser acessadas por qualquer dispositivo conectado à Internet, de smartphones a centrais multimídia [36].

Ainda no cenário urbano, segundo Chauhan et al. [35], o transporte de massa dentro das cidades possui variantes que podem afetar o fornecimento de seu serviço, como acidentes, condições climáticas e congestionamentos, conseqüentemente, gerando atrasos. Pensando nestas circunstâncias, a interconexão proposta na IoT se mostra eficaz para mostrar rotas alternativas, bem como pode ser uma ferramenta de integração entre modais de transportes através do RFID.

Outra finalidade da IoT neste segmento é a utilização de veículos autônomos, guiados pela constante troca de dados entre a posição do veículo no GPS, controle de direção do veículo - englobando freios e motor - e recursos da Inteligência Artificial. [30]. Segundo Motallebi et al. [37], a direção autônoma, ainda não explorada de maneira ampla pelas fabricantes de veículos, se mostra útil para o controle de diversos parâmetros - como redução no consumo de combustível e maior eficiência no tráfego urbano e rodoviário - e se mostra uma tendência, com estimativa que a fabricação de veículos autônomos possa crescer de maneira significativa nas próximas duas décadas.

## Cidades Inteligentes

Gaur et. al [38] definiu as cidades inteligentes como recursos tecnológicos e interconectados que permitam conciliar o desenvolvimento econômico com fatores humanos - saúde, transporte - e questões socioambientais. Segundo a Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME)<sup>2</sup>, cidades como Singapura, Dubai, Amsterdam, Boston e Barcelona, cresceram de maneira significativa graças as ramificações da IoT sobre residências, indústrias e transportes.

Milenkovic [30] destacou que os recursos propostos na IoT no conceito das smartcities (cidades inteligentes) necessita de uma ampla rede de conexão capaz de transmitir dados para controle, gerar estatísticas e propor maior segurança a sua população, como antecipação às previsões do clima em um determinado dia.

Apesar deste crescimento ser promissor, estas tecnologias ligadas a IoT ainda dividem espaço com dispositivos analógicos, que embora não seja recomendável, conseguem atender as necessidades de cada usuário de um produto ou serviço [32].

### 2.2.2 Dificuldades

Impulsionada pela indústria 4.0, a Internet das Coisas possui uma relevância significativa para cidades, indústrias e pessoas [13]. Tendo como características principais a praticidade em controlar equipamentos, proporcionar a economia de gastos e ser uma ferramenta primordial para o cotidiano urbano, a IoT possui um importante papel no dia-a-dia de

---

<sup>2</sup>Fonte: <https://www.asme.org/topics-resources/content/top-10-growing-smart-cities>

metrópoles em todo o planeta. No entanto, as incontáveis vantagens esbarram em questões como desafios tecnológicos, compromisso com a legislação vigente de cada país e proteção aos dados. Todo sistema, uma vez conectado, está sujeito a sofrer ataques por hackers. Entre as possíveis fraturas que podem ser encontradas no contexto da IoT, Anand et al. [39] destaca:

- Sistemas como RFID e WSN, por não terem módulos de proteção e meios de autenticação do proprietário, são vulneráveis a ataques de hackers;
- Falhas de segurança camufladas em sensores e módulos de controle, permitem que hackers tenham acesso a dados privados - senhas, conversas íntimas ou dados bancários - ou possam coordenar dispositivos IoT sem o consentimento do proprietário;
- Dispositivos IoT, aliado a inteligência artificial, pode monitorar os interesses do usuário e sugerir produtos a venda, podendo gerar situações desagradáveis;
- Conscientização inexistente dos usuários em não realizar atualizações de segurança nos dispositivos IoT.

No Brasil, vigora desde 2020 a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) [40], criada com o intuito de estabelecer regras para a proteção de dados pessoais, destaca em seus artigos 2º e 17º o estabelecimento de políticas voltadas a privacidade dos cidadãos que utilizam a Internet. Pensando na garantia de privacidade de cada usuário, Lin e Yeh [41] destaca o árduo trabalho para o desenvolvimento de novas metodologias na Internet das Coisas cuja execução deve trabalhar em consonância com a garantia de privacidade e a preservação de dados.

## **2.3 Processos de Engenharia de Requisitos no Contexto de IoT**

A evolução significativa da Internet das Coisas e sua complexidade se tornou um desafio para a área de Engenharia de Requisitos, principalmente para a indústria 4.0 cujo enfoque é o uso de biotecnologia, energias renováveis e nanotecnologia [13]. Para Lim et al. [42], atualmente, existem estudos e aplicações voltadas ao uso da IoT como recurso para validação de requisitos, possuindo como características individuais as vantagens e desvantagens.

### 2.3.1 A Requirements Engineering Process for IoT Systems

Devido a falta de procedimentos sistemáticos a respeito de RE em IoT, Silva et al. [4] descreveu um processo voltado para o desenvolvimento de sistemas em Internet das coisas utilizando Notação de Modelagem de Processos de Negócio (BPMN). O processo é composto por três subprocessos, em que cada um é feito de acordo com a ISO/IEC/IEEE 12207<sup>3</sup>, ou seja, a norma que define processos em engenharia de software. Cada subprocesso e o processo em si possui entradas e saídas:

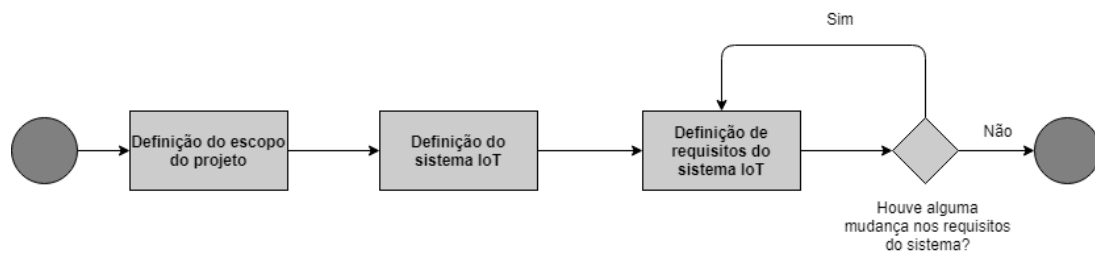


Figura 2.7: Modelo de processo em RE voltado a IoT [4].

#### 1. Definição do escopo do projeto:

Como primeiro subprocesso, descrito na Figura 2.8, a definição do escopo desempenha o papel importante de determinar o esquemático do projeto. O subprocesso determina primeiramente qual é o problema e o que o sistema irá abranger. Em seguida, determina quais são os stakeholders em potencial e, por consequência, quais são suas vontades e desejos a respeito do projeto a ser feito. Com todas essas informações agrupadas, é feita uma análise a respeito da viabilidade do sistema, se é possível fazer o sistema e se ele está de acordo com o plano. No passo seguinte, as necessidades dos stakeholders são transformadas em requisitos para o projeto. Esse processo inclui todas a identificação, controle de qualidade e análise dos requisitos. Por fim, o projeto precisa passar pela aprovação explícita de todos os envolvidos. Este subprocesso tem como objetivo final que as necessidades dos stakeholders sejam transformadas em requisitos e que todas as pessoas envolvidas estejam cientes deles.

#### 2. Definição do sistema IoT:

Na segunda parte do processo, o aspecto IoT do projeto é levado muito em consideração em seu desenvolvimento. Seguindo o fluxograma proposto na Figura 2.9, o propósito dessa etapa é definir os cenários IoT, identificar os componentes presentes no sistema e identificar diversas soluções para que se possa escolher uma preferida.

<sup>3</sup><https://www.iso.org/standard/63712.html>

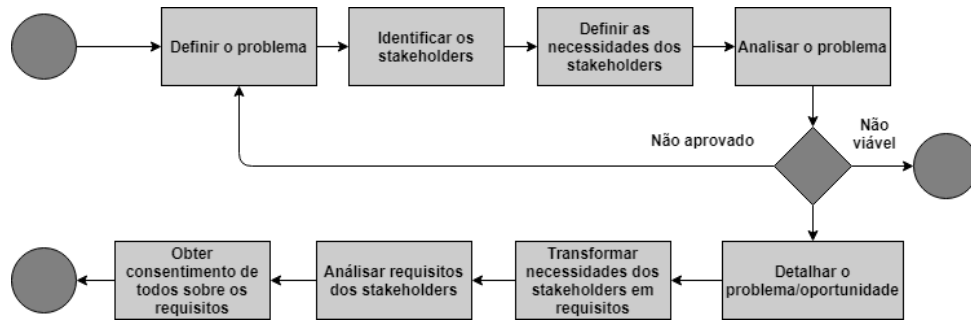


Figura 2.8: subprocesso 1: Definição de escopo [4].

Esse subprocesso se inicia propondo uma solução em IoT para o sistema, se baseando nos requisitos dos stakeholders e do detalhamento do projeto, todos eles feitos no subprocesso anterior. Logo, se constrói cenários IoT em alto nível, normalmente em forma de narrativa ou esquemas, para o fácil entendimento de todas as pessoas envolvidas no projeto.

Com o cenário definido, são feitas a identificação dos componentes do sistema IoT e suas ações. Dispositivos, sensores e outros são identificados e descritos de acordo com o cenário proposto e quais são suas ações dentro do sistema. Dessa etapa podem surgir diversos arranjos diferentes de componentes e ações diferentes, por isso cabe a equipe se reunir e decidir se as soluções encontradas atendem ao projeto e qual delas escolher para serem as mais viáveis.

No final desse subprocesso os cenários IoT devem estar definidos e os componentes e ações do sistema IoT identificados. É preciso apresentar diversas composições para o sistema IoT além daqueles que são os mais propensos a se desenvolverem para realmente serem implementados.

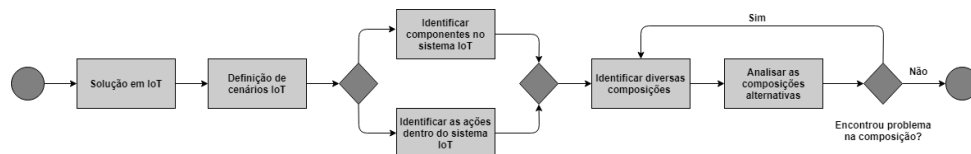


Figura 2.9: Subprocesso 2: Definição do sistema IoT [4].

### 3. Definição de requisitos para o sistema IoT:

Última etapa do processo, tem como objetivo a especificação dos componentes IoT e verificar toda a especificação do projeto. No final desta etapa, os componentes precisam estar especificados e verificados, casos de uso precisam estar criados e verificados. Além do vínculo dos requisitos dos stakeholders com o sistema IoT. O subprocesso inicia uma especificação dos componentes a fim de criar uma documen-

tação detalhada sobre os dispositivos que compõem o sistema IoT. Logo em seguida a validação dessa especificação para que não haja nenhuma inconformidade. Com isso, é feito a especificação e a verificação dos componentes de software para que seja possível o desenvolvimento do projeto de acordo com o planejado.

Tendo por concluído a especificação e a verificação, são feitos e verificados os casos de uso se baseando em cada cenário criado em etapas anteriores. Estes casos abrangem o uso dos componentes, as exceções que podem ocorrer no software. Os casos de uso também devem abranger as regras de negócio que o sistema irá conter. Por fim, é feito um acompanhamento para saber se todos os desejos dos stakeholders foram atendidos nos requisitos e nas documentações. Além de verificar se os requisitos do sistema IoT atendem aos requisitos dos stakeholders. No final do processo, todos os componentes de software e de dispositivos devem estar especificados e verificados, casos de uso devem ter sido feitos e o acompanhamento de requisitos IoT e dos stakeholders deverão ter sido desempenhados.

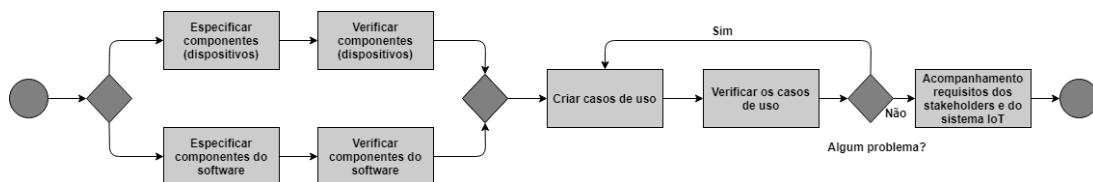


Figura 2.10: Subprocesso 3: Definição dos requisitos para o sistema IoT [4].

### 2.3.2 A UML-based Proposal for IoT System Requirements Specification

Tendo como motivo a falta de processos da engenharia de requisitos voltada para IoT, Reggio [43] apresentou o IoTReq, um processo para elicitação e especificação de requisitos em sistemas IoT. O processo tem como diferencial sua construção em UML para toda a construção do modelo. O IoTReq primeiramente faz a modelagem em que o sistema IoT será inserido, tendo o seu domínio extenso e possuindo várias entidades e interações entre elas. Ele é feito seguindo um paradigma orientado a serviços, e usando diagramas UML. Depois dessa fase inicial, o processo faz a descrição de diversos tipos de objetivos que o sistema terá como projeto. Esses objetivos são propriedades ou requisitos que os stakeholders anunciaram que o sistema deveria abranger, podendo ser divididos em:

1. **Objetivos estratégicos:** Primeiro requisito elicitado pelos stakeholders, normalmente são requisitos de alto nível e normalmente são as razões básicas que o projeto está sendo feito. Por isso, muitas vezes são genéricos/subjetivos e deles são criados outros requisitos;



2. **Objetivos operacionais:** Requisitos feitos a partir dos objetivos estratégicos, esses objetivos são propriedades e funções que o sistema IoT apresentará. Eles representam os requisitos funcionais do projeto, são essenciais para uma boa elicitação dos requisitos;
3. **Objetivos tecnológicos:** São os requisitos não funcionais do projeto, esses objetivos entram no detalhe da implementação e citam quais e como certas tecnologias serão usadas. São derivados dos objetivos operacionais e eles serão os requisitos de mais baixo nível levantados.

Ao final, o IotReq é feito a partir de três passos, a construção de um modelo para o domínio IoT, um esquemático para a visualização dos objetivos/relações do sistema e, por último, a especificação desses objetivos a partir de um diagrama UML. Esse processo foi colocado em prática com um caso de estudo realístico e conseguiu especificar os requisitos de forma precisa e com até certa facilidade de leitura [43].

### 2.3.3 TrUStAPIS: A Trust Requirements Elicitation Method for IoT

TruUStAPIS [44] é um método para elicitação de requisitos para um cenário IoT. Este método é feito a partir da criação de domínios e dividi-los em sete tipos diferentes (usabilidade, identidade, segurança, disponibilidade, privacidade, proteção e confiabilidade). Considerando a necessidade de haver confiança entre as entidades que atuam com IoT, o método proposto pelos autores é composto pelos seguintes elementos para a elicitação do requisito:

1. **Ator:** Humano ou entidade IoT que realiza o objetivo descrito;
2. **Ação:** Atividade que o Ator desempenha no sistema;
3. **Objetivo:** Objetivo que o requisito quer alcançar no sistema;
4. **Contexto:** Faz parte do domínio do requisito, envolve as circunstâncias do projeto e os objetivos do requisito.

Para a documentação, os autores propuseram o uso de um JSON como template, tanto por ser suportável em várias linguagens como por ser uma linguagem fácil de ser entendida tanto por computadores como por humanos. Esse tipo de organização também é defendida pelos autores por ter capacidade de alta rastreabilidade entre seus requisitos, sendo possível ter um controle sobre as versões dos requisitos. Além disto, é adotado os diagramas UML para auxiliar nas fases de elicitação e especificação de requisitos em IoT.

O TrUStAPIS é dividido em quatro etapas [44]. Na primeira etapa foi expandido o sistema IoT para um esquemático envolvendo as entidades. Essa etapa torna mais simples a elicitação dos requisitos por facilitar a interpretação do sistema e das necessidades do stakeholders. A segunda parte já é a composição dos parâmetros nos JSONs baseando-se no modelo construído na fase anterior. A terceira parte é destinada a documentação escrita dos requisitos levantados pelo JSONs em tabelas, essa etapa tem como saída os próprios requisitos elicitados. A quarta e última etapa é manter a rastreabilidade dos requisitos, construindo-se novas tabelas para a associação de requisitos.

### 2.3.4 REM4DSPL: A Requirements Engineering Method for Dynamic Software Product Lines

O Método para Engenharia de Requisitos para Linhas de Produtos de Software Dinâmicos (REM4DSPL), criado por Sousa et al. [45], tem a finalidade de organizar um produto de software com o intuito de ser adaptativos às necessidades existentes em uma companhia, definido pelo Linha de Produto de Software Dinâmico (DSPL). O REM4DSPL é um método para a engenharia de requisitos voltada a produtos Linha de Produto de Software Dinâmico (DSPL). DSPL são linhas de produtos que possuem sensibilidade ao contexto que estão inseridos e precisam estar sempre se adaptando em tempo de execução para que suas finalidades possam ser feitas.

Sistemas IoT entram nessa categoria pois sempre são influenciados pelo contexto presente no sistema, além da alta capacidade de adaptação necessária para poder executar corretamente as constantes mudanças. Tendo isso em mente, o Método para Engenharia de Requisitos para Linhas de Produtos de Software Dinâmicos (REM4DSPL) pode ser um método utilizado em IoT, onde seu processo utiliza BPMN [45]. Esse método é composto de três fases no seu processo.

1. **Elicitação dos requisitos:** Colhe as características dos requisitos e identifica o contexto e as características que o sistema e o contexto em que ele está inserido deve conter. O método propõe utilizar cenários e técnicas narrativas envolvendo o usuário e o sistema para detectá-los;
2. **Especificação dos requisitos:** Com base no que fora realizado na etapa anterior e utilizando uma documentação dos cenários levantados, é realizada uma identificação das regras de negócio e especificar as características de um Linha de Produto de Software Dinâmico (DSPL). Sendo a etapa mais complexa deste processo, é dividido em objetivos, sendo eles:
  - Especificar os requisitos; Identificar o modelo de negócio do sistema;

- Especificar as funcionalidades do produto;
- Associar as funcionalidades com os requisitos;
- Identificar e especificar o contexto e suas características;
- Identificar as variações do contexto e modela-las.

3. **Gerenciamento da mutabilidade do sistema:** Como etapa final, esta fase tem como objetivo de modelar todas as características da Linha de Produto de Software Dinâmico (DSPL) que serão implementadas e fazer a gerencia da mutabilidade e relação entre características e requisitos. Além disso, esta etapa faz uma verificação nos modelos criados em busca de inconsistências presentes.

### 2.3.5 Modeling IoT Applications with SysML4IoT

Costa et al. [46] propuseram uma metodologia para o desenvolvimento inicial das aplicações IoT, desde a especificação dos requisitos a montagem de esquemáticos. Esse método é baseado em diagramas UML e foca na resolução de três problemas cruciais na fase de design de um sistema IoT, como a diversidade de componentes de hardware e software disponíveis para IoT, bem como a escassez de técnicas para a elicitacão de requisitos e seu posterior planejamento por cenários. Como resolução ao primeiro problema, o SysML4IoT, usa um modelo que abstrai o sistema para especificar claramente os diversos componentes e softwares que um sistema IoT apresenta, facilitando assim o entendimento como um todo. Neste modelo o sistema é composto por dispositivos e serviços interagindo com outros sistema ou usuários.

Para esclarecer melhor as necessidades dos stakeholders, Costa et al. [46] usaram tabelas para a separacão dos stakeholders por habilidades e responsabilidades. Com isso, foi criado um outro modelo contendo vários pontos de vista diferentes a respeito da aplicacão: visão funcional, de informacão, operacional e outros, são citados como possíveis entradas para essa modelagem. Por último, o método IoT DevProcess foi proposto para resolver o caso do terceiro problema, a falta de métodos de design das aplicacões. Esse método utiliza da SO/IEC/IEEE 15288:2015 e da OOSEM (Object-Oriented SE Method) para a criacão de um método para aplicacões IoT em desenvolvimento.

O IoT DevProcess inicia por meio da análise dos requisitos do sistema. Os requisitos dos dispositivos são especificados, incluindo protocolos e formatos dos dados. Após essa etapa, é feita a modelagem das entidades, são especificados os dispositivos, serviços e recursos que o sistema terá quando estiver pronto. Nessa etapa também é criado um modelo para o formato dos dados que os serviços dentro do sistema irá conter. O próximo passo do método é decompor o sistema em diversos componentes que interagem entre

si baseados nos requisitos levantados, e com esses componentes criar modelos para a visualização tanto em alto nível como com mais detalhes da composição.

### 2.3.6 Specifying Functional Requirements and QoS Parameters for IoT Systems

Costa et al. [47] descreveram sobre a não trivialidade de fazer uma especificação de requisitos em projetos IoT e propuseram um método para ajudar na especificação de requisitos em sistemas IoT. O processo é chamado de Linguagem de Modelagem de Requisitos em IoT (IoT-RML) e tem como objetivo especificar e modelar requisitos de diversos stakeholders de maneira precisa e resolver os conflitos que diversos requisitos possam possuir. O IoT-RML especifica tanto requisitos funcionais como não funcionais (Quality of Service) e utiliza a linguagem SysML para representar os modelos utilizados no processo, com base em diagramas UML.

O processo tem como base um modelo do domínio dos requisitos gerado quando requisitos são elicitados pelos stakeholders e modelados conforme estrutura contida [47]. Nele são descritos os conflitos entre requisitos, a sua categoria e suas características. Requisitos não funcionais são tratados como parâmetros QoS e considerados diferentemente conforme a camada da arquitetura do sistema. Vale destacar que o artigo descreve os conflitos de requisitos como de quatro tipos distintos, são eles:

1. **Oposto:** Conflito causado quando requisitos fazem ações opostas um do outro;
2. **Numérico:** Conflito em relação a unidade de medida entre um requisito e outro;
3. **Duração:** Aplicações requisitando o mesmo recurso mas com quantidade de tempo de uso diferente;
4. **Compleitude:** Uma aplicação não conseguir efetuar algum requisito por causa do uso do recurso por outra aplicação

Com os requisitos sendo abstraídos pelo modelo do domínio e baseado na SysML, é criado o IoT-RML SysML Profile, que efetua todo o gerenciamento de múltiplos stakeholders e conflitos entre requisitos. A partir dessas duas ferramentas, o processo entra na etapa de resolver os conflitos e o desenvolvimento propriamente do sistema IoT proposto.

### 2.3.7 Design Science and ThinkLets as an Holistic Approach to Design IoT/IoS Systems

O processo criado por Bernsteiner e Schlögl [48] utilizou dois parâmetros para a elaboração de um design de sistema IoT: o *Design Science* e a ferramenta *ThinkLets*. O primeiro

parâmetro, o *Design Science*, é oriundo do termo Design Science Research (DSR), tendo consigo um papel fundamental para a resolução de problemas, criando artefatos que possam atender as necessidades e aos problemas de uma companhia [49].

Apiola e Sutinen [50] destacaram a imponência do DSR em relação a outros projetos de desenvolvimento de software, pela capacidade do DSR em utilizar um amplo e absoluto repertório de metodologias de pesquisa ao longo das fases do processo. Ainda, para os autores, estes processos são divididos em fases de explicação do problema, definição dos requisitos (funcionalidades e permissões), design, desenvolvimento e validação.

Segundo Bernsteiner e Schlögl [48], é importante destacar alguns fatores que influenciam o processo:

1. **Construtores:** Utilizados para definir um contexto geral sobre requisitos, problemas de domínio e realização de artefatos;
2. **Modelos:** Cria uma relação entre os construtores a fim de compartilhar informações em comum e, conseqüentemente, realizar configurações específicas para solução de problemas;
3. **Métodos:** Ferramentas que podem ser utilizadas para verificar se os construtores e modelos estão de acordo com o projeto de software, como exemplo, o uso de diagramas UML.

Hevner [5] destacou as três fases que envolvem a DSR, descritas na Tabela 2.1. O autor pondera a existência de pontes que interligam estas fases. Por exemplo, existe um **Ciclo de Relevância** - que prevalece entre as fases de Meio ambiente e DSR - e possui a responsabilidade de realizar testes de campo; o **Ciclo de Design**, que executa em loop apenas dentro do contexto da DSR; por fim, o **Rigor do Ciclo**, atuando entre a Base de conhecimento e o DSR na troca de informações.

ThinkLets, por outro lado, é definida como um padrão de construção genérica de blocos capaz de atender as especificações do projeto. O seu desenvolvimento se baseia nos processos colaborativos, designando padrões genéricos de colaboração, que deixa claro as atividades para cada membro do projeto [48]. Consistindo de cinco fases, Kolfshoten e de Vreede [51] descreveram a visão geral sobre o ThinkLets na Figura 2.11. Cada item pode enviar e receber dados através das interações, as quais são:

- Diagnóstico da tarefa: através de uma conversa com os stakeholders, é discutido questões relevantes em relação a requisitos. Para a equipe de RE, os requisitos apresentados podem ser ajustados, negociados ou questionados;

Fases	Propriedades
<b>Ambiente do contexto</b>	Aplicação de Domínio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pessoas</li> <li>• Sistemas de uma organização</li> <li>• Sistemas técnicos</li> <li>• Problemas e Oportunidades</li> </ul>
<b>DSR</b>	Construção de um artefato de design e processos Avaliação
<b>Base de Conhecimento</b>	Fundamentos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teorias científicas</li> <li>• Métodos científicos</li> <li>• Experiência</li> <li>• Produtos e processos do design</li> </ul>

Tabela 2.1: Três fases do processo envolvendo a DSR [5].

- Decomposição da atividade: nesta fase, as atividades são divididas entre o grupo de desenvolvimento através do ThinkLets, onde todos devem possuir uma visão ampla do produto de software;
- Escolha da tarefa ThinkLets: após a conclusão da decomposição, o ThinkLets atua como responsável por atribuir as atividades separadas na fase de decomposição, fase esta que pode ser delicada;
- Construção de agenda: uma vez concluídas, as fases anteriores servem como parâmetro para esclarecer questionamentos, definições, objetivos, tempo que será gasto e estimativas;
- Validação do design: na última fase do processo, todos os requisitos propostos nas etapas anteriores são validados. Também é verificadas questões acerca dos custos, tempo gasto e outras informações complementares;
- Satisfeita as cinco etapas deste processo colaborativo, uma documentação é elaborada.

Levando em consideração os dois conceitos sobre DSR e ThinkLets vistos nesta seção, estas questões servem como base para a elaboração de uma ferramenta de design para IoT. Utilizando a técnica de brainstorming - chamada por Bernsteiner e Schlögl [48] como *DirectedBrainstorming* (Brainstorming Dirigido) - com o auxílio da ferramenta ThinkLets, utiliza cinco parâmetros seguindo os padrões colaborativos, os quais são:

1. Distribuição de papéis: consiste nos participantes do projeto realizarem um caso de uso em folha de papel, entregar a um moderador e, caso necessário, pode ser elaborado mais cenários;

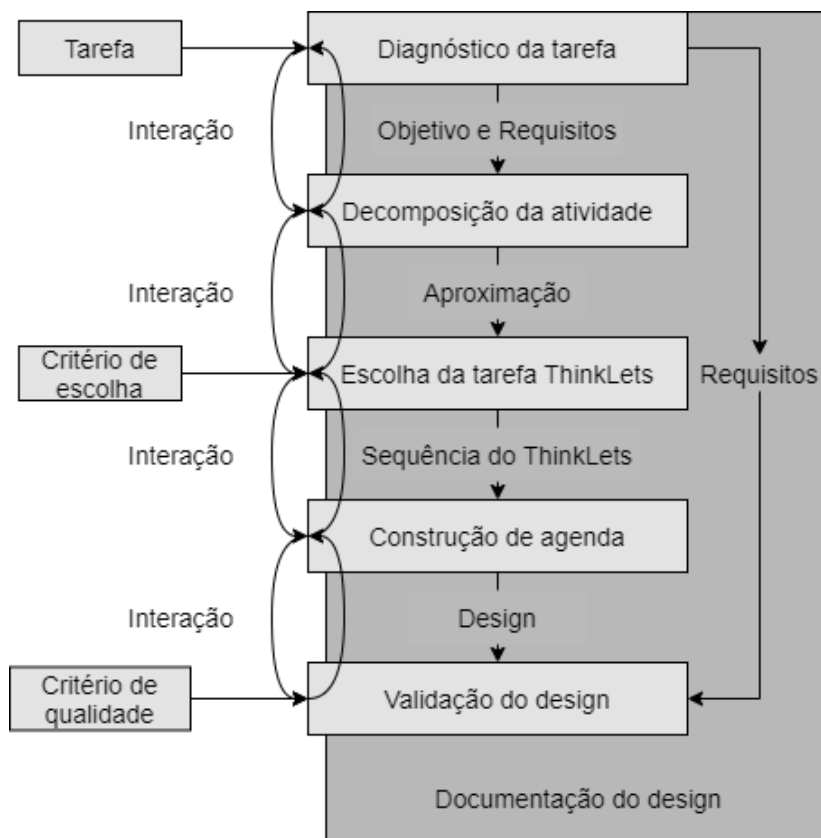


Figura 2.11: Visão geral sobre o funcionamento da ferramenta ThinkLets [5].

2. Análise dos papéis: nesta fase, através de uma discussão e da ferramenta *FastFocus* (foco rápido) presente no ThinkLets, os participantes podem expressar uma visão geral dos casos de uso feitos na fase anterior, definindo portanto um caso de uso que não prejudique as fases seguintes;
3. Organização dos conceitos: por meio da ferramenta *ThinkLet PopCornSort*, tem o intuito de estabelecer relações e dependências nos casos de uso, feito por fases anteriores;
4. Descrição e desenvolvimento: ainda permanecendo nos termos de definição da fase anterior, nesta etapa os casos de uso passam por uma descrição acerca dos termos existentes na IoT - como sensoriamento, identificação e atuação - bem como meio de comunicação, interface de usuário e outros;
5. Avaliação: nesta última fase, os casos de uso trabalhados ao longo do processo de brainstorming passam por uma validação, que tem o objetivo de analisar as funções, situações que podem ser relevantes e eventuais falhas que podem ocorrer. Esta etapa conta com a ajuda da ferramenta *BucketWalk*.

Uma vez concluído as cinco etapas e atingido os objetivos em comum de cada fase (isto é, a conclusão de um caso de uso), é utilizado ainda no processo de avaliação uma ferramenta denominada *StrawPoll*, que permite a cada participante votar nos casos de uso que forem mais relevantes ao processo. Finalizando esta questão, todo o processo é dado como encerrado [48].

### 2.3.8 An Improved RE Framework for IoT-Oriented Smart Applications using Integrated Approach

Kaleem et al. [52] apresentaram um estudo para a criação de uma ferramenta de abordagem integrada utilizando o conceito de *smartness* (inteligência) - voltada para a Internet das Coisas - com base nos processos e técnicas de validação existentes na Engenharia de Requisitos. Os autores destacam a utilização de *frameworks* para definir os processos nesta proposta [52], adotando o uso de diagramas UML. Seu primeiro processo destaca o ponto de partida para o estudo dos processos, seguindo uma metodologia similar à proposta do processo linear elaborada por Rehman et al. [1], com foco em satisfazer as cinco etapas:.

1. **Identificação dos Stakeholders:** nesta etapa, as partes interessadas entram em uma conversa para debater o propósito do sistema, suas funcionalidades, permissões, bem como a definição de responsabilidades acerca das áreas da Engenharia de Software. Esta fase do processo é baseada no método Goal-Question-Metric, conceito criado pela Universidade de Maryland para unir objetivos, questões operacionais e métricas [53];
2. **Elicitação de Requisitos:** fase responsável por colher as necessidades dos stakeholders utilizando fatores socio-técnicos para mesclar fatores humanos, organizacionais e aspectos técnicos do sistema [54];
3. **Análise de Requisitos:** ocorre a checagem de todas as necessidades descritas pelos stakeholders com auxílio do Design Baseado em Modelo (MBD), ferramenta primordial para a análise, também incluindo aspectos de verificação e validação dos requisitos [55];
4. **Especificação dos Requisitos:** nesta fase, um workshop interativo se mostra presente dentro do framework da Engenharia de Requisitos para documentar, através da Especificação de Requisitos de Software (SRS), todos os processos e requisitos voltados a *smartness* envolvendo a IoT [52];
5. **Métodos:** ferramentas que podem ser utilizadas para verificar se os construtores e modelos estão de acordo com o projeto de software, como exemplo, o uso de



diagramas UML. na última fase deste processo principal, é utilizado técnicas para design de casos de teste - podendo ser um *template* ou um protótipo - para validação e verificação do produto de software, envolvendo os stakeholders e a equipe de desenvolvimento. Caso receba um *feedback* positivo, este processo é declarado como encerrado.

### 2.3.9 Detecting IoT Applications Opportunities and Requirements Elicitation: A Design Thinking Based Approach

Dantas et al. [56] descreveram um processo de RE para IoT por meio da abordagem Design Thinking. Este processo tenta entender os objetivos dos usuários e stakeholders enquanto detecta os desafios e propõe soluções que não estavam sendo pensadas a primeira vista. O processo de Design Thinking descrito pelos autores [56] é iterativo, não linear e consta com cinco etapas principais, divididas em:

- **Compreensão:** Fase inicial e crucial para o sucesso no processo, nesta fase é feita a compreensão do ponto de vista dos stakeholders. São citadas técnicas como bodys-torming e entrevistas;
- **Definição:** Define qual será as características que o design do sistema terá como foco. A *Interaction Design Foundation* é uma abordagem centralizada no ser humano, ampla para a criatividade e focada para que seja possível de ser concretizada;
- **Idealização:** Fase para se pensar em outras ideias além da qual já foi arquitetada. Essa etapa visa ampliar a visão do time para soluções inovadoras;
- **Prototipação:** Criação de protótipos de alta e baixa fidelidade para que se possa validar as ideias levantadas e adquirir mais feedbacks dos stakeholders;
- **Testagem:** Agrupamento dos feedbacks dos stakeholders e dos protótipos criados ao longo do desenvolvimento do sistema. A equipe pode analisa-los e deles surgirem uma nova ideia.

Dantas et al. [56] utilizaram três técnicas:

- **How Might We Questions (HMW):** Técnica de *brainstorming* que se baseia em perguntas de "Como pode ser feito?". Os times do projeto se reúnem para analisar os fatos e requisitos já conhecidos junto com as diversas perspectivas que cada time deve ter a respeito do projeto. Rescrever todas essas informações em perguntas HMW e verificar se com elas dá para se fazer outras soluções a partir de uma sessão de *brainstorming*;

- **Jornada do usuário:** Técnica utilizada para documentar o comportamento do usuário utilizando o produto. Cada passo que o usuário fizer no sistema é documentado, assim como o pensamento e sentimento do usuário a respeito do uso da plataforma. Essa técnica constrói uma perspectiva do usuário e pode ser essencial para a descoberta de algum problema ou inconsistência;
- **Diagrama de afinidade:** Agrupamento por setores de dados e resultados obtidos anteriormente a partir de um critério antes definido. Essa técnica facilita a organização e a fluidez das ideias conforme o projeto é desenvolvido.

Dantas et al. [56] descreveram algumas ferramentas feitas para IoT que podem ser utilizadas para o entendimento dos requisitos do sistema IoT e aplicação das técnicas mencionadas, são elas:

- **IoT Design Deck:** Utilizado para fazer a integração de times para a produção de um sistema IoT. Utiliza um deck de cartas para ajudar os times a utilizarem uma linguagem em comum e focar na experiência do usuário. Por meio de várias técnicas e ferramentas, esse método garante a comunicação e entendimento do projeto IoT que normalmente contém uma grande multidisciplinaridade;
- **Tiles IoT ToolKit:** Projeto em open source também baseado em cartas para ajudar na elaboração de ideias, storyboards e explorar o cenário IoT por completo;
- **IoT Service Kit:** Ferramenta para IoT que baseia-se em cartões, onde existe a interação com o design e tokens para esquematizar interações de entidades no projeto.

### 2.3.10 An Evidence-Based Framework for Supporting the Engineering of IoT Software Systems Mid-stage Research

Motta [57] propôs um framework composto por três etapas, a fim de evitar soluções limitadas (considerando a coleta e processamento de dados), deixando lacunas em aberto no quesito de validação dos requisitos em Internet das Coisas, bem como visa reforçar a qualidade de desenvolvimento baseando-se nos estudos de viabilidade do projeto. Com base na metodologia O que, Como, Quem, Quando e Por quê (5W1H), Motta apresentou um framework composto por três fases, cada uma destas possuindo sub-rotinas.

1. **Concepção:** nesta etapa, é feita uma análise detalhada sobre os requisitos solicitados para um dispositivo IoT.

- (a) **Caracterização:** primeira etapa do processo, é consultado na literatura as técnicas existentes, com suas definições, aplicações e características, a fim de encontrar possíveis inconsistências;
- (b) **Preocupações:** nesta etapa, é vista as questões legais e sociais que podem afetar um projeto em Internet das Coisas de forma negativa, como invasão a privacidade ou coleta de dados sem a devida precaução na segurança dos mesmos;
- (c) **Investigação de facetas:** visa a revisão de questões que podem envolver a IoT, como áreas de conhecimento e tópicos, etapa esta que pode ter um contexto amplo;
- (d) **Proposta de um framework:** com base nos dados colhidos nas etapas anteriores, é construído um Conjunto de Conhecimentos em IoT (BoK), baseando-se em questões como coisas, inteligência, interatividade, meio ambiente, conectividade e comportamento, aliando um panorama dos stakeholders com desafios e questionamentos.

2. **Desenvolvimento:** nesta etapa, é colocado em prática os conceitos vistos anteriormente. Existem três etapas:

- (a) **Construção da base de conhecimento:** fundamentado na criação da BoK na fase de constituição do framework, uma segunda revisão literária se torna necessária para analisar aspectos técnicos;
- (b) **Definição do projeto:** nesta fase, é vista as caracterizações dos artefatos vistos ao longo do projeto e do BoK;
- (c) **Definição de orientações de engenharia:** nesta fase, os desenvolvedores podem fazer algumas pontuações sobre o projeto, tais como definições, recursos e outras questões.

3. **Avaliação:** na última fase do projeto, a autora destaca dois tópicos cujo estudo é necessário para a aprovação final do projeto.

- (a) **Viabilidade:** é feito um estudo para verificar se a estrutura realizada corresponde aos anseios propostos na etapa de concepção do processo e se a construção do mesmo é realizável. Em consonância, pode ser agregado também a opinião da equipe de desenvolvimento. Todas estas variáveis podem colaborar para uma melhoria do framework.
- (b) **Observações:** sendo a última etapa, é visto a possibilidade do projeto em si possuir uma interpretação prática coerente com sua revisão teórica, questão esta

que depende da aplicação do recurso IoT (por exemplo, automação residencial ou mobilidade urbana).

### **2.3.11 Non Functional Requirement Analysis in IoT based smart traffic management system**

Mahalank et al. [58] levantaram a importância do estudo e entendimento dos requisitos não funcionais para o desenvolvimento de um sistema de software em IoT. Uma detecção no início do processo de desenvolvimento desses requisitos levam o desenvolvimento do sistema a ter um melhor gerenciamento de suas limitações já no começo do seu desenvolvimento, evitando assim um retrabalho no final do projeto. Os autores afirmaram que o conceito de requisitos não funcionais não é muito bem definido entre os desenvolvedores de software. Por isso, descreveram um método para analisar e especificar os requisitos não funcionais para sistemas IoT. O método conta com três características em que os requisitos não funcionais deverão ser analisados: performance, capacidade de armazenamento e limitações para manutenção.

Mahalank et al. [58] utilizaram um sistema de tráfego inteligente como exemplo para seu método, e para isso, cada elemento do sistema IoT a ser desenvolvido é analisado e descrito a partir dessas características principais. Com essa análise, o nível de funcionamento do sistema IoT é identificado e descrito. O desenvolvimento dessas três características principais ainda pode se desdobrar em outras características menores conforme a necessidade do projeto.

Por fim, o método proposto pelos autores [58] resumem a análise dos requisitos não funcionais em três templates e uma *checklist* em que contém as informações necessárias sobre o requisito especificado.

### **2.3.12 Horizontal Requirement Engineering in Integration of Multiple IoT Use Cases of City Platform as a Service**

Yamakami [59] descreveu a falta de metodologias para o design de sistemas IoT e propôs um framework para ajudar a unir diferentes casos de uso dentro de sistemas IoT. Este framework destaca os desafios que compõem a união de casos de uso e cria formas de levá-los para os times envolvidos com o projeto, utilizando diagramas UML para fins de ilustração. Além disso, faz uma análise sobre a associação da engenharia de requisitos vertical com a horizontal, e o impacto de cada uma dentro da estrutura do IoT.

O framework é sucintamente composto de 3 etapas:

1. **Identificação da interação entre casos de uso:** Responsável por identificar a relação que os casos de uso possuem antes de se fazer a união. Essa interação pode ser de:
  - **Inclusão:** Um caso de uso é incluso em outro caso de uso;
  - **Sobreposição:** Há somente uma parte de um caso de uso que é compartilhada com outro;
  - **Diferenciais ocultos:** Existem aspectos ocultos no desenvolvimento, implantação ou no operacional entre esses casos de uso;
  - **Requisitos conflitantes:** Requisitos de diferentes casos de uso possuem conflitos entre si;
2. **Identificação de coordenação:** Essa fase, é responsável por fazer a coordenação entre as diferentes fases de arquitetura do sistema a ser construído. Muitas vezes, o projeto possui diversas equipes trabalhando de forma independente, por isso, é importante garantir que os times tenham em mente o que cada parte tem como arquitetura planejada. Se o projeto estiver bem definido, essa fase irá somente confirmar os requisitos da arquitetura projetada.
3. **Identificação de impacto:** Essa etapa lida com os impactos que a união de casos de uso podem efetuar no sistema IoT. Os autores ainda quantificam a gravidade do impacto, e se não houve nenhum impacto nessas uniões que levaram a revisões e criação de novos requisitos e, com isso, impactando diversas partes [59].

*checklists* e tabelas também são utilizadas para auxiliar as etapas do framework. Elas tem objetivo de tornar mais claro o processo para o utilizador. O framework proposto por Yamakami [59] apesar de estar em estágios iniciais, tem como função guiar os times de desenvolvedores que trabalham no mesmo projeto mas em áreas diferentes, a identificar e verificar com mais facilidades os aspectos do projeto, minimizando retrabalhos e conflitos de requisitos.

### 2.3.13 Towards Modelling and Analysis of Spatial and Temporal Requirements

Touzani e Ponsand [60] descreveram um modelo para integração e análise de requisitos de espaço-tempo no desenvolvimento de sistemas com contexto de IoT a partir da Engenharia de Requisitos e do Sistema de Informação Geográfica (GIS). Características temporais são estudadas e analisadas com muito mais ênfase do que características espaciais, estas só vistas em sistemas mais específicos. Apesar disso, Touzani e Ponsand [60] destacaram

a importância que a união das características de tempo e espaço podem ter em revelar problemas antes não vistos e tornar mais claro o sistema a ser construído.

A modelagem e integração desses requisitos é feita a partir de um método baseado em Engenharia de Requisitos Orientada por Objetivos (GORE), o conceito de Manter Todos os Objetivos Satisfeitos (KAOS) e a representação dos modelos por um diagrama UML. Com isso, são feitas as integrações dos modelos de domínio e de objetivos com características especiais e temporais. A integração de requisitos espaço temporais gera um refinamento nos requisitos gerados baseando no fato das condições serem mais precisamente representadas. Outro ponto positivo é na checagem de requisitos, pois conforme as restrições são colocadas, mais pontos de validação são criados.

A proposta realizada pelos autores [60] ainda está em fase inicial de desenvolvimento mas já foi testada em alguns cenários e foi considerada útil para a fase de descoberta e estruturação dos requisitos do projeto.

### 2.3.14 Uma Tecnologia para Apoiar a Engenharia de Requisitos de Sistemas de Software IoT

Silva et al. [61] criaram o termo  $RE_{IoT}$  (Engenharia de Requisitos para sistemas de software baseados em IoT) com o intuito de ser um processo capaz de elaborar uma documentação seguindo os estudos sobre os cenários propostos pela  $SCENARI_{IoT}$  (abordado por Silva [3] na Seção 2.5.1), da técnica de inspeção por *checklist* apontada na  $SCENARI_{IoT}CHECK$  (realizado por Souza et al. [9] na Seção 2.5.2) e templates para apontar detalhes do projeto, de modo que seja uma ferramenta capaz de auxiliar o planejamento da equipe de desenvolvimento. Utilizando as cinco etapas principais da RE, a  $RE_{IoT}$  busca reforçar estes itens para atender os recursos IoT separadamente, além disto, todas as etapas são atreladas à fase de gerenciamento, responsável por realizar o monitoramento de todo o processo.

1. **Concepção:** baseando-se em uma visão geral sobre o problema, é estudado como este imbróglio pode ser solucionado ao ser adicionado os recursos propostos na IoT e se existem recursos - humanos e tecnológicos - para a dissolução;
2. **Elicitação de requisitos em IoT:** uma vez levantado os requisitos junto aos stakeholders, os cenários propostos na  $SCENARI_{IoT}$  [3] auxiliam na identificação e na aplicação destas requisições levantadas, cabendo à equipe de desenvolvimento a separação destes requisitos sobre a utilização em IoT;
3. **Validação e Negociação (executadas em paralelo):**

- (a) Validação: todos os requisitos levantados são validados a fim de encontrar possíveis inconsistências (como erros ou ambiguidades);
- (b) Negociação: nesta fase, questões como custos (desenvolvimento, processamento e outros) são levadas em consideração quando são definidas as prioridades do sistema;

#### 4. **Análise, Especificação e Verificação em IoT (fases que podem se repetir):**

- (a) Análise em IoT: todo o entendimento levantado ao longo deste processo - casos de uso e arranjos (ambos em IoT) e o preenchimento das informações - são o ponto de partida para a criação de um modelo de sistema. Tem consigo a capacidade de definir um diagrama de casos de uso voltado para IoT;
- (b) Especificação em IoT: com o diagrama de casos de uso gerado na fase de Análise, nesta etapa ocorre a descrição destes diagramas;
- (c) Verificação em IoT: utilizando a técnica SCENARI<sub>IoT</sub>CHECK [9], esta fase realiza a checagem do documento de requisitos a fim de reforçar a sua confiabilidade. Neste caso, é validado os requisitos no contexto da IoT, diferente da fase de validação, em que apenas os requisitos normais são levantados

Complementando as etapas acima, os autores adotaram o uso de três *templates* para este processo sobre elaboração de documentos contendo informações sobre os requisitos gerais e os voltados para a IoT. São eles:

1. **Escopo do projeto:** utilizado pelas fases iniciais do processo - elicitação, negociação e validação - este *template* tem o intuito de registrar os usuários, suas necessidades (permissões e restrições), categorização dos requisitos e outras questões levantadas;
2. **Proposta de solução:** englobando as etapas de elicitação, análise, especificação e gerenciamento, este *template* utiliza a SCENARI<sub>IoT</sub> [3] para ilustrar os cenários em IoT e detalhamento sobre os Arranjos de Interação IoT (AIIs), importantes para o acompanhamento das etapas da RE<sub>IoT</sub> [61];
3. **Descrição de casos de uso em IoT:** aplicado nas etapas de análise, especificação, verificação e gerenciamento, este *template* utiliza a técnica SCENARI<sub>IoT</sub>CHECK [9] a partir da fase de verificação para averiguar possíveis ambiguidades nas definições estabelecidas pelos diagramas de casos de uso, bem como em outras etapas da RE<sub>IoT</sub> [61];

### 2.3.15 IoT Composer: Composition and Deployment of IoT Applications

Krishna et al. [6] criaram uma interface Web - o IoT Composer - capaz de atender as etapas de design, composição e desenvolvimento, através de uma entrada de requisições. Voltado para usuários finais que desejam utilizar algum dispositivo IoT direcionado a *smart homes* (casas inteligentes) sem a necessidade de conhecer profundamente a área de programação, este processo mescla decisões humanas e eletrônicas, através da linguagem de especificação Nova Tecnologia LOTOS (LNT), elaborada pela Construção e Análises de Processos Distribuídos (CADP) em 2005 [62], que possui o intuito de atuar contra deadlocks e inconsistências, sendo uma importante ferramenta para a validação de requisitos no contexto da IoT. Utilizado diagramas UML apenas para fins ilustrativos, a Figura 2.12 ilustra as quatro etapas propostas:

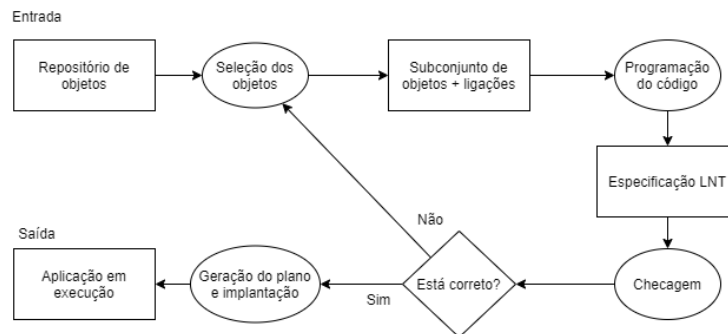


Figura 2.12: Funcionamento da ferramenta IoT Composer [6].

1. **Seleção dos objetos:** realizada por humanos, objetos são lançados no sistema web. Após isto, o usuário possui autonomia para definir os parâmetros do objeto, como ligações entre itens distintos ou relações. Nesta etapa, a fins de visão geral, é utilizado diagramas UML para fins de ilustração;
2. **Programação do código:** feito de forma eletrônica através da linguagem LNT, é gerado um código com a finalidade principal de verificar, sobretudo, a compatibilidade e outros problemas que podem acarretar uma falha na execução do dispositivo IoT;
3. **Checagem:** uma vez concluído, o LNT envia um parecer para esta fase. No caso do sistema ter encontrado alguma inconsistência, este processo retorna um erro para o usuário, caso contrário, avança para a fase posterior;
4. **Geração do plano e implantação:** tendo um parecer positivo por parte da fase de checagem, esta etapa finaliza o processo, resultando na execução da aplicação solicitada pelo usuário.



### 2.3.16 Conversion Method for User Experience Design Information and Software Requirement Specification

A complexidade e a utilização de múltiplos dispositivos são características presentes em sistemas IoT e tornam o uso do Design de Experiência do Usuário (UXD) cada vez mais necessário. Visando a falta de um Design voltado ao usuário, Takeda e Hatakeyama [63] apresentam um processo de especificação de requisitos em que UX e UXD estão inseridos. O processo é definido utilizando a notação em diagramas UML para facilidade de entendimento e faz a integração do UXD dividindo o processo de especificação de requisitos em três etapas.

A primeira etapa define o modelo de negócio e os recursos necessários. Logo em seguida entra a UXD com a função de entender o comportamento do usuário e arquitetar como a experiência do usuário deverá ser, para que finalmente chegue a última etapa de construção do sistema do projeto. Os autores mencionam algumas ferramentas com que a etapa de UXD pode ser feita, com o uso de entrevistas, criação de cenários, casos de uso e diagramas de atividade.

### 2.3.17 Key Abstractions for IoT-Oriented Software Engineering

Zambonelli [8] apresentou algumas questões chave que envolvem o conceito de Rede das Coisas (WoT) e sua aplicação prática, tendo como exemplo uma análise baseada em cenários em um hotel, visando a realização da sua operação onde os dispositivos IoT embarcados podem colaborar para tal. O autor define como questões chave todas as variáveis que são importantes em todo o processo envolvendo a criação de um dispositivo IoT. Com base nesta questão e no estudo de caso realizado em um hotel, a Tabela 2.2 apresenta os posicionamentos de Zambonelli sobre este processo [8].

Etapa	Questão chave	Descrição
Análise	Stakeholders e Usuários	Nesta fase da análise, os stakeholders e usuários são identificados, definindo para todos as suas funcionalidades, permissões, restrições, funcionalidades de um sistema e a criação de hierarquia, separados em gerência global (controlando todos os recursos IoT), gerência local (realiza o controle dos dispositivos IoT apenas em seu setor) e usuários (pessoas sem vínculo empregatício e que possui acesso limitado aos recursos IoT).

	Requisitos	Seguindo adiante no processo, é realizada uma análise completa sobre os requisitos levantados pelos stakeholders, com base nas políticas (globais, onde um diretor pode agir em todas as camadas, ou locais, que afeta apenas um setor), objetivos (metas estabelecidas para ocasiões planejadas ou não) e funcionalidades (que visa uma melhor experiência de todos os envolvidos) necessárias para uma operação com IoT. Esta última parte é ilustrada por diagramas UML.
<b>Design</b>	Grupos e coalisões	Todas as particularidades podem ser separadas em grupos, podendo agregar todos os atores. Para tal, o autor enfatiza a WoT, através de plataformas como RESTful e HTTP, para que todas as partes envolvidas possam acessar os recursos IoT definidos.
	Avatar	Nesta fase, é elaborado um design para cada avatar, com base nas etapas vistas anteriormente.
<b>Desenvolvimento</b>	Avatar	Etapa que depende das particularidades do sistema, nesta fase é implementada todos os requisitos revisados na etapa de análise, bem como outras etapas deste processo, sendo sugerido o uso de ferramentas WoT como o RESTful.
	Coisas Inteligentes	Como última etapa do processo, provê melhorias e eventuais correções de erros que podem ocorrer por alterações de firmware ou outras adversidades.

Tabela 2.2: Questões chave levantadas por Zambonelli para a elaboração de um sistema utilizando IoT [8].

### 2.3.18 Towards a catalog of conflicts for HCI quality characteristics in UbiComp and IoT applications: Process and first results

Carvalho et al. [7] apresentaram os eventuais conflitos que podem ocorrer entre a Computação Ubíqua (UbiComp) - termo criado em 1991 por Max Weiser, se tornando o que é hoje a Internet das Coisas - e requisitos não funcionais. Os autores afirmaram que requisitos não-funcionais conflitantes envolve critérios de satisfação de uma característica e que impacta negativamente na execução de outra característica. Já em uma harmonia, ocorre o oposto. Para solucionar este problema, os autores criaram um processo capaz de catalogar eventuais conflitos e proporcionar uma melhor experiência de sistema para os usuários finais, de acordo com sua hierarquia.

A Figura 2.13 apresenta o processo proposto pelos autores em forma de fluxograma BPMN, o qual contém cinco passos e há um armazenamento do conhecimento a partir do segundo passo até o último. Além disso, cada passo é composto de uma entrada - desde padrões a fontes literárias - e uma técnica ou processo de pesquisa [7].

1. **Seleção de uma característica de qualidade para ser analisada:** nesta etapa, é escolhida como entrada uma característica da UbiComp e a IoT - isto é, invisibilidade, consciência de contexto, mobilidade, atenção, calma e sincronismo - e que podem entrar em conflito com alguma característica dos requisitos não-funcionais. Aliado a esta seleção, também é realizada uma técnica para a análise deste conflito - que pode afetar a usabilidade - podendo ser um *survey*, entrevista ou outra técnica de validação que pode ser escolhida para este passo.
2. **Refinamento da característica de qualidade em subcaracterísticas:** a exemplo de uma árvore, uma vez selecionada, neste passo é utilizado a expansão da característica - que é a raiz do processo - em subcaracterísticas, ou ramificações. Para este passo ser realizado, deve possuir como entrada algum padrão de software voltado para o tema ou alguma pesquisa científica, aliado a uma metodologia proposta ao tema pesquisado.
3. **Identificação de métodos para a subcaracterística:** para cada subcaracterística analisada no passo anterior, é feita uma descrição destes subitens escolhidos. Para este passo, os autores recomendam o uso de técnicas para a validação - como uma entrevista ou histórias de usuários - e, assim como ocorre no segundo passo deste processo, também sugere como entrada a análise de padrões de software ou alguma fonte literária, aliado a uma teoria fundamentada.

4. **Análise de correlações:** nesta penúltima etapa, ocorre um detalhamento sobre duas características, sendo uma delas já selecionadas na primeira etapa e uma outra característica de qualidade - de escolha livre - a fim de que possam ser comparadas e que possam constatar correlações entre as mesmas. Assim como nos passos 2 e 3, deve possuir como entrada um padrão industrial ou alguma pesquisa científica para o embasamento teórico. Como um método científico para a validação, as autoras sugerem o uso de experimentação.
5. **Armazenamento de conhecimento para um catálogo:** a partir do segundo passo até o quarto, todo o conhecimento obtido nestas etapas é adicionado a um catálogo a fim de contribuir para o desenvolvimento do sistema e, conseqüentemente, agregando experiência para a criação de um sistema voltado para IoT.

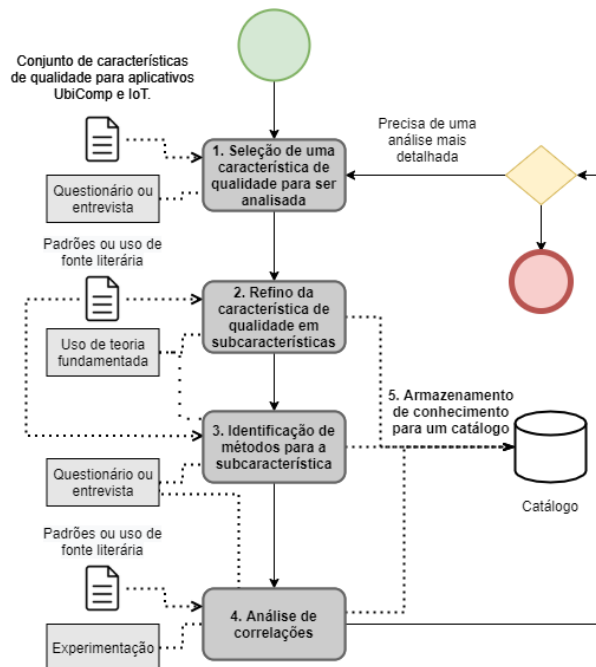


Figura 2.13: Passos do processo proposto por Carvalho et al. no contexto da UbiComp [7].

### 2.3.19 Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly

Curumsing et al. [64] desenvolveram o SofiHub, um aplicativo que utiliza os recursos IoT para proporcionar conforto, praticidade e segurança para idosos, graças ao conceito de *smart homes* (casas inteligentes). Os autores também destacam a importância deste sistema para amenizar os efeitos da solidão - considerando que, em grande maioria, idosos

moram sozinhos - e os cuidados com a saúde do morador, a fim de tranquilizar familiares e proporcionar um maior acolhimento do usuário, sobretudo pela crise sanitária ocasionada pelo coronavírus. Sendo orientado a emoções, o processo de desenvolvimento do SofiHub - em relação às interações - consiste em quatro passos que, através de uma técnica ou estudo voltado para a área, chega a uma conclusão que serve de base para os passos seguintes [64]. Os passos são:

1. **Captura de requisitos:** de suma importância para a leitura das emoções humanas, o SofiHub utiliza:

- **Modelos de funções:** capaz de moldar o perfil do usuário e de pessoas que frequentam uma casa, cuja finalidade principal é proporcionar maior conforto ao idoso nas suas rotinas cotidianas;
- **Modelos de metas:** metas que são traçadas pelo sistema do SofiHub para prover uma melhor experiência ao usuário, fornecendo uma visão geral sobre os objetivos - funcionais, de qualidade ou emocionais - e as funcionalidades para cada uma destas questões);
- **Cenários motivacionais:** estipula metas para usuários finais, exibindo aos usuários algumas sugestões de atividades físicas ou estipula objetivos para serem alcançados;
- **Modelo de interação:** estabelece os atores e suas relações dentro do sistema. Neste caso, os autores estipulam as atividades destes atores através de diagramas UML, que podem utilizar o SofiHub para adicionar lembretes ou algum evento;
- **Modelos de cenário:** um cenário fornece todas as informações sobre as funcionalidades do sistema, os objetivos emocionais, como é iniciada e quem pode realizá-la e, por fim, define atividades que podem acontecer em paralelo;
- **Modelo de comportamento:** com base nos modelos de cenário, reforça os que os atores podem fazer dentro do sistema. São definidas atividades e condições preexistentes, que servem como base para um estudo sobre o comportamento dos usuários - em relação às metas - com o sistema.

2. **Modelagem de requisitos:** recebendo um modelo de emoções elaborado na primeira etapa, nesta etapa, utiliza-se a **análise de conteúdo** (técnica que utiliza palavras, simbologias, temas, imagens e outros, de modo a que possa identificar, cruzar os dados e rotular padrões) e o **diagrama de afinidade** (técnica responsável por organizar estes padrões com a finalidade de obter conhecimentos, essencial

para a construindo um diagrama de baixo para cima, onde suas categorias podem ser levantadas por processo indutivo) para que todos os requisitos orientados para emoções possam ser levantados.

3. **Design e desenvolvimento:** ao receber as metas da segunda etapa, nesta etapa os autores não destacaram uma técnica voltada aos objetivos emocionais desta etapa, sendo portanto executada exclusivamente por seres humanos com base nos modelos de emoção e de metas;
4. **Avaliação:** sendo criado um sistema voltado para casa inteligente, esta última etapa visa colher um *feedback* dos usuários através de um questionário onde o usuário responde com uma escala de 0 a 5. O SofiHub utiliza diversos questionários para prover uma melhor experiência.

Com base neste processo voltado para as emoções, o SofiHub adota suas funcionalidades para uma *smart home*, cujo funcionamento se dá através de sensores aliados a inteligência artificial, que se adaptam à realidade do morador. O sistema também alerta o usuário sobre a saúde (horários de medicação, hidratação, sugestão de atividades físicas e tempo de sono), questões de segurança (como uma porta aberta ou alerta de movimentação no terreno) e utiliza atuadores para ações diversas (como ligar uma cafeteira ou proporcionar uma temperatura ambiente em situações de calor ou frio) [64].

Aliado a esta questão, o SofiHub trata sobre modelos voltados a emoções, a fim de proporcionar um conforto ao usuário para cada ameaça que possa ocorrer em sua residência, cuja solução se dá pelo conjunto de objetivos (funcionais, de qualidade e emocionais). Um dos exemplos citados pelos autores é a insegurança, que pode ser solucionada graças aos passos de detecção da anomalia (objetivo funcional), responsividade (objetivo de qualidade) e proporcionar ao morador uma sensação de segurança (objetivo emocional) [64].

Por fim, a Figura 2.14 exhibe todas as interações entre os objetivos funcionais, de qualidade ou emocionais. Esta versão é uma atualização do primeiro modelo proposto pelos autores, cujas modificações foram realizadas na emissão de notificações para o idoso, agregando mais objetivos emocionais como a segurança, o afeto - mesmo estando sozinho - e demonstrar preocupação com a saúde do idoso, bem como a adição de uma funcionalidade em seu aplicativo para mantê-lo ativo na vida do idoso, conversando de forma rotineira sobre os acontecimentos cotidianos. Com exceção destes itens, Curumsing et al. destacam os objetivos emocionais que foram atrelados ao projeto do SofiHub:

- **Tranquilizar:** tem o intuito de acalmar seus cuidadores e seus parentes sobre o bem-estar do idoso em suas atividades cotidianas;

- Ser independente: entende-se que os idosos, mesmo estando em uma idade que requer atenção, deseja realizar suas atividades sem a necessidade de serem ajudados por terceiros ou ser monitorado pelos mesmos;
- **Estar no controle:** ainda que possam estar sofrendo por limitações de locomoção, os idosos desejam ter uma vida autônoma, sem haver regulação por parte de familiares ou cuidadores;
- **Segurança:** tem o intuito de comunicar os atores - cuidadores e parentes - sobre problemas que podem ocorrer na rotina de uma casa, como porta aberta, queda do idoso ou movimentação no terreno sem o consentimento do morador;
- **Integrar:** prover ao idoso a integração de suas aplicações com o dia a dia, incluindo notícias da região, previsão do tempo ou outras informações que sejam relevantes ao usuário;
- **Sentir-se confortável:** proporcionar aos idosos uma confiança na execução de suas aplicações, preservando sua privacidade e mantendo-o integrado com a tecnologia SofiHub;
- **Estar capacitado:** análogo ao conforto, este objetivo emocional possui o intuito de proporcionar confiança no controle de suas atividades;
- **Privacidade protegida:** mesmo utilizando algoritmos de inteligência artificial para exibir notícias sobre seus gostos pessoais, o sistema tem o dever de deixar o idoso confiante sobre a proteção dos dados colhidos por seus sensores.

### 2.3.20 IoT System Development Methods

Giray et al. [65] realizaram um estudo dos artigos que adotam os Métodos de Desenvolvimento do Sistema (SDM) para servir como ponto de referência ao desenvolvimento de sistemas IoT e aplicou uma avaliação destes artigos abordados em relação a catorze parâmetros, desde passos do processo até o design e capacidade de manutenção, bem como a ilustração do funcionamento através de BPMN. Seguindo a mesma linha, os autores destacam também o Bloco de Construção do Sistema IoT, proposto pela Aliança para a Inovação em Internet das Coisas (AIOTI) em 2016 e que descreve padrões para o funcionamento de dispositivos IoT, entre o uso de tags, sensores e atuadores, ligados a uma ação física do ser humano ou um comando dado por software.

Segundo Licorish et al. [66], o SDM envolve a criação de sistemas que seguem rigorosamente as regras e orientações propostas por stakeholders ou agentes externos, de modo que o processo é divisível em fases distintas. Além disso, propõe diretrizes a serem

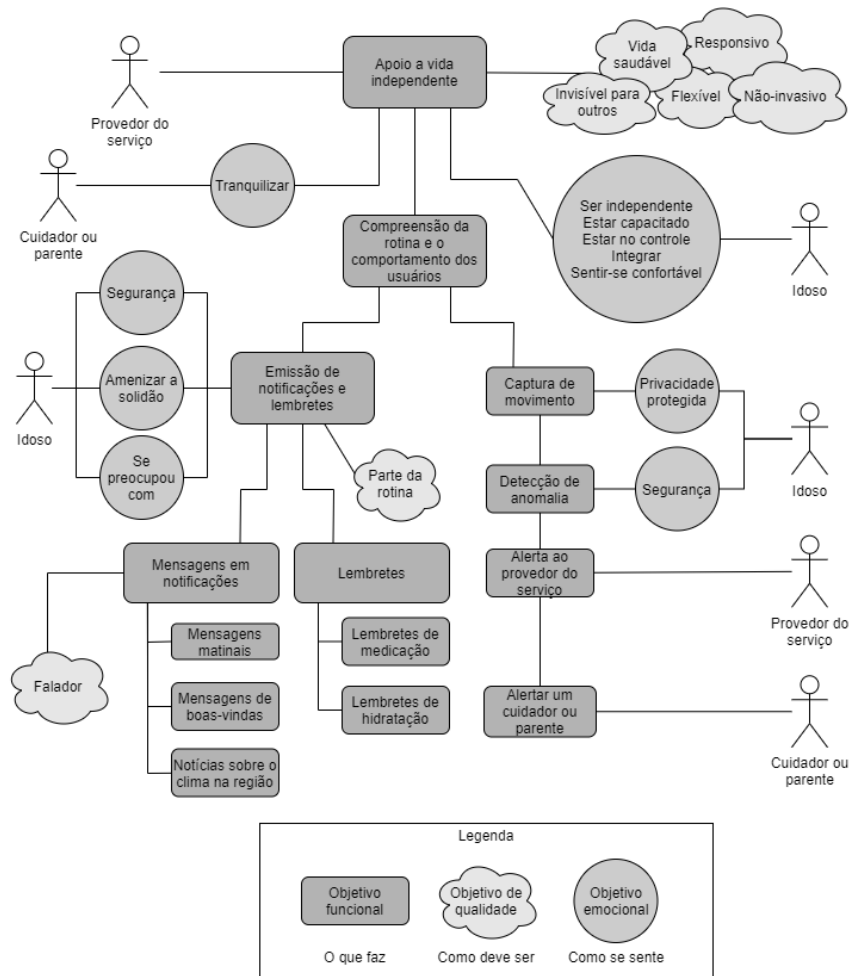


Figura 2.14: Modelo de Objetivos do SofiHub

seguidas para a verificação de artefatos e também realiza a eliminação de quaisquer erros ocorridos na fase de desenvolvimento.

## Enterprise Iot: Strategies and Best Practices for Connected Products and Services

Em seu livro, Slama et al. [67] propuseram o Ignite como um processo de alto nível baseado nas experiências dos stakeholders dentro da IoT, como gerentes de projeto, gerentes de produto, arquitetos de soluções e desenvolvedores. Este fluxo de processo busca abordar todas as questões que envolvam a IoT em um projeto, desde a concepção até o resultado final, graças ao uso de diagramas UML e diagramas de objetivos. O fluxo, dividido em dois grupos de metodologias, possuem um papel fundamental no funcionamento de um software, que são elas:

- **Execução de Estratégia em IoT:** tem o objetivo de estabelecer uma estratégia e um portfólio de projetos que agregam conteúdo para um desenvolvimento em IoT.



Nesta metodologia, é vista questões que envolvem regras de negócios e oportunidades de conhecimento, servindo como base para o desenvolvimento de um protótipo e decisões sobre a operação deste recurso IoT;

- **Entrega de Solução em IoT:** ferramentas de apoio que pode ser utilizada reforçar os conceitos dos processos de design da solução e o gerenciamento de projeto, ambos envolvendo a IoT, aliado a alguns artifícios para que este suporte possa ser realizado, como *checklists*, desenhos e outros recursos.

Dentro da Entrega de Solução em IoT, existe um ciclo composto pelas fases de planejamento, construção e execução do sistema. Ao ser iniciado, o planejamento exige a entrega do design de solução e uma representação gráfica das iterações (podendo ser um organograma, diagrama ou outros) [65]. Seguindo adiante, estas tarefas se tornam gerenciáveis no projeto por sete fluxos de trabalho:

1. **Gerenciamento de projetos:** fluxo que agrega todas as atividades existentes dentro do processo, como o início, planejamento, execução, monitoramento, controle e encerramento;
2. **Tarefas transversais:** trabalha com fluxos de trabalho, que podem depender de outros fluxos para que a sua execução seja realizada;
3. **Infraestrutura e ferramentas utilizadas para a solução:** nesta fase, utiliza a adaptação do sistema para a execução destes fluxos de trabalho, onde são gerenciados a infraestrutura de hardware e software;
4. **Serviços utilizados em servidores:** envolvendo ferramentas de back-end, este fluxo se refere ao uso de serviços IoT que podem interagir com o usuário ou aos próprios recursos IoT, em todos os casos, são hospedados em nuvem;
5. **Serviços de comunicação:** parte do fluxo que envolve questões de infraestrutura de rede, desde a instalação até o gerenciamento;
6. **Componentes do ativo:** envolve a aquisição ou o desenvolvimento de hardware e softwares, cujo interesse é fazer a integração destes dois quesitos em um sistema IoT, através de placas de rede, torres de transmissão ou qualquer outro método para a comunicação dos componentes de hardware;
7. **Preparação do ativo:** envolve questões da criação - como a compra ou fabricação - de algum processo cuja automação se dá por IoT. Por exemplo, a energia de uma casa apenas funcionaria com um cartão RFID inserido em um *slot*.

## Enabling High-level Application Development for the Internet of Things

Patel e Cassou [68] criaram o Desenvolvimento de Aplicativos IoT (IoT-AD), um processo sobre desenvolvimento de software voltado para aplicações IoT, reforçando outros projetos existentes na literatura sobre metodologias em IoT mas que abrangem áreas específicas, não existindo um detalhamento técnico na fase de implantação e sem oferecer suporte para manutenções póstumas. Para solucionar estes problemas, além da IoT-AD, os autores adotaram a IotSuite, feita por Soukaras et al. [69] para que estas modificações possam ser realizadas de modo que os stakeholders entendam o desenvolvimento em uma linguagem de alto nível.

Com o intuito de distinguir o desenvolvimento de aplicativos IoT em níveis e fornecer uma estrutura de desenvolvimento (escrita de código, tarefas a serem realizadas e técnicas), a IoT-AD dispõe de dois processos, um conceitual e outro voltado ao desenvolvimento, nos quais ambos auxiliam no fluxo de processo para o desenvolvimento de um software voltado a IoT [68]. Em seu modelo conceitual, os autores especificam quatro passos fundamentais para a área de desenvolvimento do software e dos componentes que serão utilizados pela IoT [68]. São elas:

1. **Domínio:** tem como intuito estudar o ambiente que um recurso IoT será aplicado e quais recursos podem ser automatizados pela IoT, utilizando sensores e atuadores, ambos controlado pela Entidade de Interesse (EoI), que coleta dados captados sobre a temperatura, presença ou outros parâmetros, informando o sistema e o usuário;
2. **Funcionalidades:** separado por elementos computacionais (que une os dados do sistema e criam políticas de restrições ao acesso), consiste no envio de um pedido (feito por seres humanos ou eletronicamente), que por sua vez é processado e, após, é atendido por atuadores. Nesta etapa, existe uma forte troca de mensagens (dados) e comandos entre componentes de software, bem como o uso de diagramas de classe;
3. **Implantação:** é visto as questões relativas às informações - coletadas ou executadas - por sensores e atuadores e onde estão localizados fisicamente;
4. **Plataforma:** softwares capazes de realizar a troca de mensagens entre dispositivos de hardware e softwares. É necessário configurar e gerar definições para drivers de sensores (para coletar dados), atuadores (para controle em recursos automatizados), bem como prover serviços de armazenamento para os dados coletados (banco de dados), cujo objetivo é simplificar a rotina do usuário final, auxiliando-o nas suas tarefas e se fazendo presente por meio de notificações de sistema.

Com base no modelo conceitual, os autores definiram um processo de desenvolvimento estruturado e que seguem os diagramas UML, atribuindo funções para cada stakeholder conforme suas habilidades e suas preocupações [68]. São elas:

1. **Domínio:** está relacionada com possíveis inconsistências que possam ocorrer dentro da escrita. Através da Linguagem de Vocabulário Srijan (SVL), os autores utilizam linguagem de alto nível para gerar uma estrutura de desenvolvimento para auxiliar desenvolvedores, designers de software e gerenciadores de rede;
2. **Funcionalidades:** utilizando a Linguagem de Arquitetura Srijan (SAL), uma derivação da Linguagem de Descrição de Arquitetura (ADL), responsável por gerar uma especificação de serviços computacionais e cruzar suas interações com outros componentes, os autores resolvem as problemáticas envolvendo a arquitetura do aplicativo (onde o desenvolvedor pode realizar o agrupamento de dispositivos em uma sala, de modo a agilizar a troca de dados), especificar a arquitetura de compilação (onde o desenvolvedor recebe um framework já configurado, podendo realizar poucos ajustes) e a implementação da lógica do aplicativo (onde o desenvolvedor cria um ambiente lógico no aplicativo com base no framework recebido);
3. **Implantação:** nesta etapa, faz valer a Linguagem de Implantação Srijan (SDL) para amenizar as preocupações acerca da especificação da implantação de destino e mapeamento. A especificação de implantação leva em consideração as especificações de cada dispositivo e os recursos hospedados, já o mapeamento considera regras de localização para cada serviço computacional, permitindo ao mapeador decidir onde a implantação irá ocorrer para cada dispositivo;
4. **Plataforma:** envolve as preocupações acerca dos drivers de sensores e atuadores, onde as classes concretas possuem métodos de interação com outros componentes do software. Nesta fase, o desenvolvedor do dispositivo tem a responsabilidade de desenvolver drivers que se comuniquem com o software;
5. **Linking:** através de uma infraestrutura de rede, um código - gerado por vários estágios - se tornam pacotes, que podem ser acessados por uma rede interna. Nesta etapa, estruturas de arquitetura, parte lógica, mapeamento, drivers e vocabulário são de suma importância, pois uma vez mesclados, dão suporte para a fase de implantação do aplicativo e, conseqüentemente, realizando um sistema de software específico, com hospedagens e proporcionando uma melhor experiência na automação;
6. **Questões voltadas a evolução:** levando em consideração a evolução tecnológica dos dispositivos IoT e em sua capacidade de integração, p framework da IoT-AD

divide o desenvolvimento de aplicativos IoT em setores, a fim de proporcionar um desenvolvimento iterativo.

## **Towards a General Software Engineering Methodology for the Internet of Things**

Zambonelli [70] apresentou a Metodologia Geral de Engenharia de Software para a Internet das Coisas (GSEM-IoT) como um processo que visa detalhar os processos de desenvolvimento de software voltados para a IoT. Apesar de não reforçar questões voltadas para a validação e não destacar diretamente as ferramentas voltadas para a manutenção, o GSEM-IoT dispõe de melhorias propostas anteriormente pelo autor a fim de englobar diversas atividades econômicas, na disponibilização de diagramas UML para um estudo aprofundado e ferramentas necessárias para que um produto chegue a sua fase final (entre produtos e alterações de software) [70]. No processo apresentado pelo autor e descrito na Tabela 2.2, baseado em um fluxo de desenvolvimento sistemático, a GSEM-IoT provê melhorias nas fases de:

### **1. Análise:**

- Reforço na identificação dos atores envolvidos no sistema, cabendo aos gestores globais as questões de gerenciamento dos usuários já vistas;
- Reforço em sua estrutura, considerando a gradativa evolução da IoT e a necessidade de algumas companhias em englobar mais funcionalidades para garantir a sua operação. Neste caso, é recomendável fazer um estudo das características e particularidades, para que um desenvolvedor possua embasamento para a construção - ou manutenção - de um software;
- Realização de uma elicitação de requisitos, cujos dados passam por um estudo para a identificação de objetivos, funções e políticas da companhia para que possam ser apresentados os papéis de cada ator, podendo ser utilizado o diagrama de atores.

### **2. Design:**

- Criação de um desenho para que stakeholders possam visualizar um *design* global capaz de mostrar as funcionalidades, políticas e objetivos propostos para cada ator;
- Possibilidade em haver novas melhorias em sua infraestrutura, podendo ser dispositivos ou serviços.

### 2.3.21 Stakeholder Identification and Use Case Representation for Internet-of-Things Applications in Healthcare

IoT no contexto de assistência médica vem crescendo em um ritmo acelerado nos últimos anos. Bio-sensores, dispositivos vestíveis e pesquisas relacionadas com big data transformam o ambiente médico e como os seus serviços são efetuados [71]. Laplante et al. [72] descreveram como identificar stakeholders e modelar as atividades efetuadas em uma sala de emergência de um hospital para que um sistema IoT possa ser integrado ao funcionamento da sala. Ele divide a aplicação de IoT para esse sistema em três categorias: rastreamento de pessoas, rastreamento de equipamentos e rastreamento de ambos simultaneamente.

Primeiramente, para esse método, é realizado diagramas UML para identificar todos os stakeholders, definir qual é o objetivo e os limites do sistema final. *Rich pictures* é uma técnica utilizada nessa etapa e se baseia em desenhos simples que ilustram o sistema com regras não tão rígidas. Essa técnica elicitava todos os elementos presentes no sistema de uma maneira simples para que haja um amplo entendimento. Com as *rich pictures* desenvolvidas, os stakeholders são consultados para a produção e especificação dos casos de uso. *Rich pictures* e casos de uso também podem ser utilizadas para outras etapas da RE como para a verificação e validação de requisitos.

Laplante et al. [72] utilizaram essas técnicas e descreve um sistema IoT para ser implementado em uma sala de emergência. Essa sala possui rastreabilidade de pessoas, materiais e resultaria em um gerenciamento muito mais eficiente dentro de um hospital. Apesar do relato dos autores ser na área de assistência médica, o processo e a lógica aplicadas são úteis para diversas outras áreas que a IoT abrange. As técnicas utilizadas e as análises feitas podem ser utilizadas para outros projetos.

### 2.3.22 Intelligent Parking Management by Means of Capability Oriented Requirements Engineering

Hamdi et al. [73] mencionaram as características que uma cidade integrada e inteligente possui e as vantagens que elas proporcionam para seus cidadãos. Os autores descreveram a implementação de um sistema inteligente de estacionamento capaz de ser implantado em grandes cidades e gerenciar até grandes eventos. Através do Modelo de Objetivos, os autores ilustram o sistema a partir de capacidades, diagramas de objetivos, dependência de atores, além dos relacionamentos entre esses modelos. O sistema foi feito utilizando a Engenharia de Requisitos Orientada a Capacidade (CORE), metodologia responsável pela elicitación dos requisitos.

A metodologia CORE utiliza um conjunto de entidades que são modeladas e relacionadas entre si para a descrição do sistema e seus requisitos. Capacidades e ativos do sistema são modelados, relacionados e categorizados para que requisitos/objetivos possam ser associados a eles. A metodologia CORE foi utilizada em três etapas e executadas de maneira iterativa, são elas:

1. **Elicitação de informações:** Essa fase tem como objetivo coletar informações relacionadas ao que o sistema está proposto a fazer. Por meio de diversas maneiras e técnicas, descrições textuais são captadas dos stakeholders a respeito das regras do negócio e da qualidade do sistema para que se tenha uma boa descrição do domínio da aplicação;
2. **Modelagem dos requisitos de negócios:** Fase responsável pela modelagem dos requisitos de negócios baseando-se nas informações coletadas na etapa anterior. O modelo é gerado com base no que o empreendimento é capaz, objetivos e atores presentes no sistema. O resultado desta etapa são modelos que os stakeholders possam utilizar para certificar que os requisitos foram precisos e bem explicados;
3. **Modelagem dos requisitos de sistema:** Como última etapa, ocorre a transformação dos requisitos de negócios em requisitos do sistema. O comportamento do sistema é descrito nessa etapa através das necessidades do usuário descritos nas etapas anteriores. Técnicas como diagramas UML e Modelo de Objetivos podem ser utilizadas para tal propósito.

## 2.4 Síntese dos Processos de Engenharia de Requisitos no contexto da IoT

A Tabela 2.3 apresenta uma síntese de todos os processos de engenharia de requisitos identificados na literatura para o contexto da IoT:

Seção	Nome do processo	Breve resumo
2.3.1	A Requirements Engineering Process for IoT Systems [4]	Os autores descreveram como um processo de RE no contexto de IoT deve operar e que etapas deve conter. Os autores utilizaram BPMN.

Seção	Nome do processo	Breve resumo
2.3.2	A UML-based Proposal for IoT System Requirements Specification [43]	Os autores utilizaram os diagramas da UML para realizar a elicitação e especificação de requisitos no contexto da IoT, importantes para a proposta do IoTReq. Os autores não realizaram a validação em um contexto prático.
2.3.3	TrUStAPIS: A Trust Requirements Elicitation Method for IoT [44]	Os autores propuseram um método de elicitação e especificação de requisitos que utiliza sete domínios (usabilidade, identidade, segurança, disponibilidade, privacidade, proteção e confiabilidade) para descrever os requisitos do sistema. Os autores utilizaram templates e diagrama UML.
2.3.4	REM4DSPL: A Requirements Engineering Method for Dynamic Software Product Lines [45]	Os autores descreveram um método para RE destinada a Linha de Produtos de Software Dinâmico (DSPL) utilizando BPMN.
2.3.5	Modeling IoT Applications with SysML4IoT [46]	Os autores utilizaram diagramas da UML e a norma ISO/IEC/IEEE15288:2015 para criação de um método no contexto da IoT para a modelagem e design do sistema.
2.3.6	Specifying Functional Requirements and QoS Parameters for IoT Systems [47]	Os autores propuseram o IoT-RML, um processo para apoiar a especificação de requisitos em sistemas IoT, podendo ser utilizado para especificar requisitos funcionais como não funcionais (Quality of Service) e utiliza a linguagem SysML para representar os modelos utilizados no processo e diagramas UML.

Seção	Nome do processo	Breve resumo
2.3.7	Design Science and ThinkLets as Holistic Approach to Design IoT/IoS Systems [48]	Os autores utilizaram o DSR e a ferramenta ThinkLets para a criação de uma ferramenta que elabora uma documentação detalhada do sistema IoT, com o auxílio dos diagramas da UML, Brainstorming e técnicas como o ThinkLet PopCornSort.
2.3.8	An Improved RE Framework for IoT-Oriented Smart Applications using Integrated Approach [52]	Os autores utilizaram os diagramas da UML e o uso de um framework para definir os processos da <i>smartness</i> e IoT.
2.3.9	Detecting IoT Applications Opportunities and Requirements Elicitation: A Design Thinking Based Approach [56]	Os autores descreveram um método para elicitación e concepção de requisitos em sistemas IoT, utilizando diagramas de afinidade. Propuseram o uso de ferramentas já existentes como IoT Design Deck, Tiles IoT TookKit (para elaboração de ideias) e IoT Service Kit para realizar a checagem com os stakeholders.
2.3.10	An Evidence-Based Framework for Supporting the Engineering of IoT Software Systems Mid-stage Research [57]	A autora adotou a metodologia 5W1H e propôs um framework de três passos com sub-rotinas, para eliminar a ocorrência de problemas futuros envolvendo a validação de requisitos em IoT.
2.3.11	Non Functional Requirement Analysis in IoT based smart traffic management system [58]	Os autores discutiram a importância dos requisitos não funcionais para o sistema IoT e utilizaram templates com a finalidade de propor o uso de um framework para a especificação de requisitos. Como técnica de validação deste framework, utilizam <i>checklists</i> .



Seção	Nome do processo	Breve resumo
2.3.12	Horizontal Requirement Engineering in Integration of Multiple IoT Use Cases of City Platforms as a Service [59]	Utilizando os diagramas da UML, <i>checklists</i> e tabelas, o autor propôs um framework de três etapas para validar os requisitos do sistema.
2.3.13	Towards Modelling and Analysis of Spatial and Temporal Requirements [60]	Os autores propuseram a inclusão, por meio de artefatos, de requisitos de espaço-tempo. Os autores utilizaram o GORE e os diagramas da UML para representar os modelos de objetos do KAOS.
2.3.14	Uma Tecnologia para Apoiar a Engenharia de Requisitos de Sistemas de Software IoT [61]	Os autores elaboraram uma documentação utilizando templates e diagramas de casos de uso, com base nas técnicas SCENARI <sub>IoT</sub> [3] e SCENARI <sub>IoT</sub> CHECK [9].
2.3.15	IoT Composer: Composition and Deployment of IoT Applications [6]	Os autores utilizaram uma interface Web para os usuários finais elaborarem sistemas inteligentes em IoT mesmo sem experiência em programação. Os autores utilizaram os diagramas da UML.
2.3.16	Conversion Method for User Experience Design Information and Software Requirement Specification [63]	Os autores propuseram um processo utilizando os diagramas da UML, Design de Experiência do Usuário (UXD) e requisitos de UX para realizar a especificação de requisitos de sistemas no contexto de IoT.
2.3.17	Key Abstractions for IoT-Oriented Software Engineering [8]	O autor reforçou questões chave para a elaboração de um sistema em IoT utilizando os diagramas da UML.

Seção	Nome do processo	Breve resumo
2.3.18	Towards a catalog of conflicts for HCI quality characteristics in UbiComp and IoT applications: Process and first results [7]	Os autores propuseram um processo para identificar requisitos não-funcionais que podem ocasionar conflitos. Ao concluir cada etapa, é realizada uma análise documental. Os autores utilizaram BPMN.
2.3.19	Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly [64]	Os autores propuseram um Modelo de Objetivos para ilustrar as funcionalidades de um sistema baseado em emoções. Os autores utilizaram questionários para realizar a validação dos requisitos.
2.3.20	IoT System Development Methods [65]	Os autores realizaram um estudo sobre publicações já existentes na literatura que utilizam SDM. Os autores utilizam BPMN para representar o funcionamento dos sistemas propostos.
2.3.21	Stakeholder Identification and Use Case Representation for Internet-of-Things Applications in Healthcare [72]	Os autores utilizaram os diagramas da UML e a técnica ( <i>rich picture</i> ), para identificar os stakeholders, os requisitos e as restrições do sistema.
2.3.22	Intelligent Parking Management by Means of Capability Oriented Requirements Engineering [73]	Os autores descreveram, por meio da Engenharia de Requisitos Orientada a Capacidade (CORE), uma metodologia para elicitação e análise de requisitos utilizando os diagramas da UML e Modelos de Objetivos.

Tabela 2.3: Visão geral dos Processos de Engenharia de Requisitos no contexto da IoT

## 2.5 Técnicas de Validação de Requisitos no Contexto de IoT

### 2.5.1 SCENARI<sub>IoT</sub>: Support for scenario specification of internet of things-based software systems

A dissertação de mestrado defendida por Silva [3] pela Universidade do Rio de Janeiro (UFRJ), teve como finalidade criar uma ferramenta capaz de auxiliar a validação de requisitos no contexto de IoT. A ferramenta utiliza uma metodologia definida por cenários baseados em fluxos iterativos, seus processos envolvem os três preceitos da IoT apresentados na Seção 2.2 - identificação, sensoriamento e atuação - que tem por finalidade gerar dados, auxiliando no processo de validação. Como passo principal de todo o processo envolvendo a SCENARI<sub>IoT</sub>, Silva [3] destacou o termo Arranjos de Interação em IoT (IIA), ferramenta necessária para descrever as interações entre componentes, seja com tecnologia IoT embarcada ou não.

Para avançarmos no estudo do processo desta estrutura, os passos principais que envolvem a IIA destacados na Figura 2.15 devem ser compreendidos para a escolha de uma das utilidades da IoT - atuação, identificação ou sensoriamento - e, através desta predileção, associá-la com as 29 propriedades propostas na IoT pela autora [3]<sup>4</sup>, importante para a definição da categoria do dispositivo.

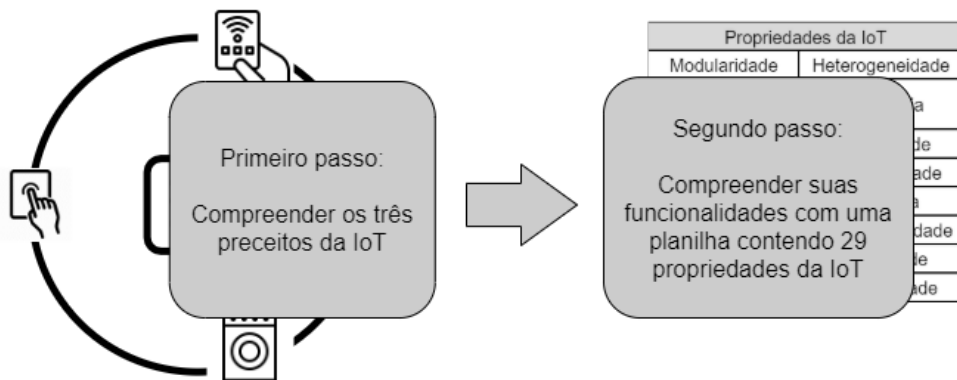


Figura 2.15: Processo de estruturação de uma IIA segundo Silva [3].

Em sua documentação, Silva destaca a finalidade de dois componentes fundamentais para o funcionamento de um dispositivo IoT [3]. São elas:

- **Produtores de Dados:** São meios existentes em dispositivos IoT - como a identificação e sensoriamento - que podem ser utilizados para a criação de dados, como

<sup>4</sup>Acesso: <https://goo.gl/cZVVDc>

registro de frequência cardíaca ou cálculo do tempo de um equipamento em funcionamento;

- **Atuadores:** São dispositivos IoT que obedecem aos comandos realizados por ação humana ou por outros dispositivos IoT interligados, através de uma interface de software. Como exemplo, podemos ligar lâmpadas ou definir uma temperatura para aparelhos de ar condicionado.

## Cenários

Silva destacou nove cenários existentes para atuação da IoT como meio de validação dos requisitos propostos na RE [3].

### 1. Produtor de dados

Neste cenário, elementos de identificação ou sensoriamento publicam os dados coletados para um intermediário. Por sua vez, o intermediário publica os dados para os Expositores de Dados (DE), sendo vistos pelo usuário por um Dispositivo de Interface Humana (HID). Por fim, estes dados mostrados ao usuário são retornados ao intermediário.

#### (a) Desencadeado por um indivíduo

Um indivíduo, através do HID, publica uma requisição para o intermediário, enviando uma ordem para um atuador. No final do ciclo, o atuador retorna o que realizou para a ferramenta intermediária.

#### (b) Desencadeado por um software

Nesta situação a ocorrência é similar ao cenário anterior, com a diferença de que softwares podem enviar requisições para o intermediário, criando uma ordem para o atuador. O atuador, por sua vez, retorna o que realizou durante a ordem.

#### (c) Desencadeado por um indivíduo com base nos dados em IoT

Produtores de dados (como identificador ou sensor) enviam requisições para um intermediário principal e envia as informações por um HID para o usuário. Com estes dados na tela, o usuário pode permitir ou negar uma requisição. Caso aceite, uma requisição é enviada para um segundo intermediário que ordena a execução de um atuador, o retorno deste idem os cenários anteriores. Oposto a isso, a requisição feita pelos produtores de dados retorna para o intermediário.

#### (d) Desencadeado por um software com base nos dados em IoT

Situação análoga ao cenário anterior, com a diferença que não existe um parecer

do usuário para ordenar a execução de um atuador, decisão esta que é realizada pelo sistema de software.

- (e) Desencadeado por um software com base em dados não oriundos da IoT  
Neste cenário, os produtores de dados é representado por sistemas de software, que tem a responsabilidade de enviar dados para o segundo sistema de software, cabendo a este aceitar a requisição ou recusar. Caso aceite, passa por um intermediário, que envia a ordem de atuação e espera um retorno dos dados emitidos pelo atuador.
- (f) Não acionado por IoT, desencadeada por um software baseado em dados IoT  
Produtores de dados, como identificadores e sensores, enviam informações até um intermediário, enviando estes dados para um sistema de software capaz de decidir se aceita ou não tal requisição. Caso aceite, a requisição é enviada para outro sistema de software que irá executar o pedido. Caso não seja aceita, a requisição retorna ao intermediário.
- (g) Desencadeada por um indivíduo com base em dados não oriundos da IoT  
Nesta perspectiva, os produtores de dados não-IoT - representados pelos sistemas de software - conversa constantemente com o usuário através da HID e DE, cabendo ao usuário aceitar ou não esta requisição. Caso aceite, a requisição é enviada para um intermediário, que por sua vez ordena a atuação e aguarda seu retorno para concluir a operação.
- (h) Não acionado por IoT, desencadeado por um indivíduo com base em dados IoT  
Situação oposta ao cenário anterior, neste caso os produtores de dados enviam suas requisições para um intermediário, enviando os dados por DE para visualização do usuário por uma HID. Uma vez aceito pelo indivíduo, há a execução de softwares não ligados a IoT, caso contrário a requisição é retornada ao intermediário.

### **2.5.2 SCENARI<sub>IoT</sub>CHECK: Uma Técnica de Leitura Baseada em *checklist* para Verificação de Cenários IoT**

A proposta apresentada por Souza et al. [9], consiste em melhorar a qualidade do processo envolvendo a SCENARI<sub>IoT</sub> - destacado na Seção 2.5.1 - criada por Silva [3]. O autor enfatiza algumas questões-chave que podem tornar este método inviável, como ausência de uma linguagem de baixo nível, ausência de plataformas para elaboração dos *templates* por parte dos engenheiros de software e falta de aplicação prática deste processo a nível comercial.

Esta técnica envolve a utilização de *checklists*, para que os engenheiros de software possam verificar eventuais inconsistências antes de partir para a fase de desenvolvimento [74]. Este questionário, composto por 32 perguntas - sendo 23 gerais e 9 específicas - segue os arranjos propostos pelos Arranjos de Interação em IoT (IAA) [3]: 1) Questões gerais: é perguntado questões como domínio, passos, permissões ou restrições para cada ator, aspectos de sistemas e outros; 2) Questões específicas: nesta fase é perguntada aspectos dos preceitos básicos da IoT, como conectividade, coisas, comportamento, interatividade, ambiente e inteligência.

A Tabela 2.4 destaca o processo criado por Souza [9] para a criação de uma *checklist*, realizando a inspeção sobre cada IIA proposto por Silva [3] e, posteriormente, realizando as alterações em um novo cenário.

<b>Item de Avaliação - Questão 1</b>	
Descrição do Item	Há riqueza de detalhes?
Resultado esperado	É esperado resultados satisfatórios
Se “não”, descreva o tipo de defeito	Pode ocorrer inconsistências ou ambiguidades
Objetivo da Questão	Propor uma solução para a solicitação do usuário
<b>Exemplo de Aplicação</b>	
Descrição de um cenário utilizando a IAA, proposto por Silva [3]	Aplicação de um sistema de identificação por RFID nas catracas, com o intuito de registrar o ponto dos colaboradores.

Tabela 2.4: *checklist* utilizada por Souza [9] para esclarecer possíveis inconsistências na SCENARI<sub>IoT</sub>.

Com base na Tabela 2.4 e nos conceitos apresentados sobre a SCENARI<sub>IoT</sub> [3], Souza [9] enfatiza, conforme apresentado na Figura 2.16, um método para correção de eventuais problemas que podem ocorrer durante o processo de elaboração e validação dos requisitos, resguardando os engenheiros de software de elevações nos custos para correção destas falhas.

### 2.5.3 Towards the Description and Representation of Smartness in IoT Scenarios Specification

Técnica criada por Souza et al. [10], tem como destaque o aprofundamento em relação ao termo Sistema de Software Contemporâneo (CSS), que cresceu de maneira significativa para a industrialização de países ao mesmo tempo que gerou um desafio para os engenheiros de software. Nesta técnica, os autores especificam os requisitos cujas representações são dadas por cenários, com base em *templates* e técnicas de inspeção vigentes na RE.

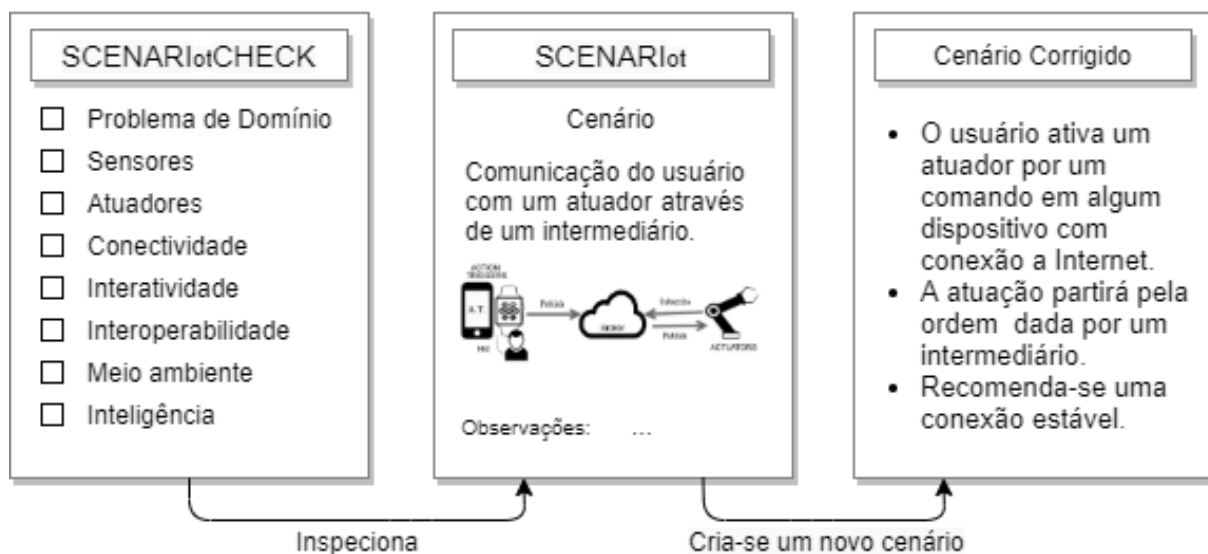


Figura 2.16: Processo da SCENARI<sub>OT</sub>CHECK com base na melhoria do processo SCENARI<sub>OT</sub> proposto por Silva [3].

Trabalhando com os conceitos voltados à inteligência, como *smart device* (dispositivo inteligente) e autonomia, estas notabilidades são relevantes para todos os equipamentos com tecnologia embarcada e conexão com a Internet [10]. Para isto, Souza trabalha com o conceito de Revisão Rápida (RR), proposto por Cartaxo et al. [75], que consiste em reduzir os custos e tempo com métodos pesados/complexos, sendo portanto uma metodologia interessante para as empresas de desenvolvimento.

Este procedimento ocorreu com um grupo de pessoas, que realizou um estudo baseado no *snowballing procedures* (bola de neve), termo na literatura dado por um estudo de citações, procedimento este que parte de trás para frente. Souza et al. [10], realizaram um estudo com uma turma de dezesseis alunos, em que foram realizadas perguntas - gerais e específicas - sobre as questões do CSS, conseqüentemente, envolvendo a IoT e o conceito de *smartness* (inteligência), realizado após a leitura e revisão de artigos.

Pensando nas características principais envolvendo a IoT - sensores, tomadores de decisão, atuadores e inteligência artificial - Souza et al. [10] destacaram algumas técnicas existentes na RE para elicitare os requisitos, utilizando *templates*. A primeira, através de uma leitura dos artigos, é estudado os cenários de acordo as características sobre o conceito de *smartness*, conforme apresentado na Tabela 2.5. Por último, a Tabela 2.6 destaca a análise aprofundada de todos os cenários estudados na fase anterior.

Informação	Descrição
Ambiente	

Obtenção de dados	Definição de qual dado será capturado para apreciação, bem como seu tipo. Como exemplo, biometria, velocidade e batimento cardíaco.
Análise de dados	Uma vez colhidos, estes dados passam por uma observação para que possam ser revelados de acordo com as necessidades do usuário.
Transmissão de dados	Vencida a fase de análise, este item parte para diretrizes para que o usuário aprecie os resultados, seja para monitoramento em tempo real ou para ações complementares.
<b>Inteligência Artificial</b>	
Algoritmo de Inteligência Artificial	Qual conhecimento tecnológico será utilizado? (Linguagem de Máquina, Big Data, dentre outros).
<b>Internet das Coisas</b>	
Atuadores	O que tal dispositivo IoT deve fazer ao comando de um usuário ou sistema.
Sensores	Quais sensores estarão embarcados? (como exemplo, medidores de temperatura, presença, frequência cardíaca)
Tomadores de decisão	O que um sistema deve fazer ao ato de uma decisão tomada, realizada pelo usuário ou software.

Tabela 2.5: Elaboração de um cenário baseado em *smartness* (inteligência), segundo Souza [10].

Informação	Descrito no cenário da 2.5?	Que tipo de informação foi obtida?
<b>Ambiente</b>		
A obtenção de dados foi concluída?	Sim	Biometria, reconhecimento facial, frequência cardíaca.
Os dados obtidos foram analisados?	Sim	Dados da pessoa, podendo ser diversos.
Como estes dados transmitidos foram obtidos?	Sim	Através de dispositivos com transmissão em tempo real.
<b>Inteligência Artificial</b>		



Os algoritmos de inteligência artificial foram descritos?	Sim	Reconhecimento facial
<b>Internet das Coisas</b>		
Os atuadores foram identificados?	Sim	Aberturas de portas e ativação/desativação de equipamentos.
Os sensores foram identificados?	Sim	Smartwatch, leitor biométrico, presença.
Foi identificado o tomador de decisão?	Sim	Partiu de ambos (usuário e software)

Tabela 2.6: Análise do cenário produzido pela técnica [10].

#### 2.5.4 Requirement Engineering Technique for Smart Spaces

Aziz et al. [76] propuseram esta técnica voltada a espaços inteligentes, cujo intuito é fazer com que os equipamentos troquem informações com outros dispositivos conectados através do uso de componentes embarcados como sensores e atuadores, ambos com conexão a Internet e que podem ser aplicados em diversas situações cotidianas, desde a programação de funcionamento de um ar-condicionado em um horário determinado até a localização de vagas disponíveis em um estacionamento. No entanto, a programação destes dispositivos IoT demanda uma considerável complexidade em decorrência de algumas aplicações exigirem precisão no seu uso.

Com isso, esta técnica tem como objetivo simplificar os processos vigentes na RE - isto é, elicitacão, validacão e verificacão - e aplicá-los no contexto da IoT, concedendo uma margem para futuras alteracões que possam ser necessárias ao projeto. Além disto, também é utilizado os Casos de Uso Dirigidos para representar os requisitos propostos pelos stakeholders através dos cenários que simulam o uso dos atores em um sistema, sendo portanto uma ferramenta importante para deixar esclarecido - a nível de usuário - como o software proposto irá funcionar.

Em relação ao processo, Aziz et al. [76] estabelecem passos simples. Primeiro, os stakeholders destacam seus requisitos de acordo com suas funcionalidades, podendo ser diversas (como exemplo, automacão residencial, segurança e gerenciamento energético). Por último, as solicitações são programadas com o auxílio dos Casos de Uso. Todas estas partes do processo deverão ser anotados em uma tabela contendo um identificador, o

título do caso de uso e um breve resumo, para que possam servir como referência para a elaboração de um caso de uso. Os autores destacam cinco passos existentes para cada caso de uso. São eles:

1. Identificar as ações levantadas pelos stakeholders, criando um caso de uso que pode envolver um ou mais atores;
2. Descrever as funcionalidades do caso de uso;
3. Identificar os atores nestes casos de uso que terão consigo a permissão de executar tais ações, podendo ser pessoas ou sistemas. Caso um ator não esteja habilitado a executar uma funcionalidade determinada, significa que não está habilitada;
4. Modelar os modelos de casos de uso voltados a dispositivos *smart space* com base na identificação dos atores, proposto na etapa anterior;
5. Gerar uma breve descrição do caso de uso, contendo o que o ator irá fazer no sistema.

### **2.5.5 Requirements for Testing and Validating the Industrial Internet of Things**

Antão et al. [11] criaram uma técnica voltada para a área industrial, visando melhorar a qualidade de seus processos utilizando a IoT como recurso para validação de requisitos, caminho que segue em consonância com a evolução da Indústria 4.0 [13]. Os autores destacam a implementação dos Sistemas Cibernéticos de Produção Física (CPPS) como uma ferramenta de suporte para a operação industrial, separado em cinco camadas - negócio (controles de negócio), aplicação (representação gráfica), tomada de decisão (feita graças a análise de dados), redes (agregando tecnologias como WiFi, Bluetooth e 4G) e percepção (objetos físicos que coletam dados por sensores e entram em atuação quando requerido) - e que precisam trabalhar em paralelo para um correto funcionamento de todo o sistema.

Os autores consideram que a validação dos requisitos na área industrial é a força motriz para a operação nas fábricas. Assim, os autores realizaram casos de testes nos requisitos. Em oito destes, foram considerados como principais e que devem ser levados em consideração pelo CPPS, incluindo termos como o Máquina para Máquina (M2M) e plataformas Cloud. Além destes testes, foram vistos a camada da IoT utilizada, bem como seus custos (implementação, gastos de processamento e outros contratemplos que influenciam negativamente na atividade) [11].

A Tabela 2.7 apresenta os detalhes da inspeção realizada.

Requisito CPPS	Descrição	Teste do requisito	Desafios
Escalabilidade	Capacidade do sistema crescer e atuar em novas funções sem interferir na operação industrial.	Foram testados o incremento de nós de rede, dados disponíveis e disponibilidade de serviço.	Fragilidades ocorreram na camada de redes (problemas com latência), custos para programação destes dispositivos e no processamento de dados restritos.
Confiabilidade	Capacidade de operação de um sistema sem a ocorrência de falhas. Existe na indústria uma previsão para falha e, caso ocorra, também existe um tempo médio para o reparo.	Foram testados uma operação de longo prazo, criou problemas para o sistema entrar em falha, fez o sistema entrar em operação em condições extremas e contou o número de pacotes.	Inconsistências no sistema referente a relação entre problema e falha, bem como a falta de checagem no código.
Segurança e Privacidade (ataques)	Parte primordial para a indústria, onde qualquer brecha pode ser utilizada por hackers para realizarem algum ilícito dentro da operação ou da companhia propriamente dita.	Foram testados os algoritmos de segurança voltados a proteção, através da criação de programas de ataque capazes de roubar dados sensíveis, dentre outros.	Problemas para simular ataques conhecidos pela indústria e falta de experiência na área de segurança virtual.

Requisito CPPS	Descrição	Teste do requisito	Desafios
Tempo e Determinismo;	Tempo é uma variável que deve ser levada em consideração, pois qualquer atraso pode acarretar em um aumento de custos de um produto. Aliado a isto, o determinismo atua para que, caso ocorra alguma falha, avise os outros dispositivos sobre o problema na sua área.	Foram testados a garantia do tempo de ciclo e testados parâmetros estabelecidos em equipamentos.	Problemas em identificar o atraso em um componente com falha e a falta de avaliação dos impactos destes imbróglis.
Segurança (falhas)	Nesta questão, existe uma preocupação da indústria em evitar incidentes como explosões, incêndios, vazamento de material químico. Para tal, robôs são programados de maneira a evitar acidentes com seres humanos.	Foram feitas simulações de parâmetros de segurança e a contagem de acidentes na fábrica.	Não foi possível especificar a natureza do acidente e não foi possível avaliar um ambiente favorável para a ocorrência de um acidente.

Requisito CPPS	Descrição	Teste do requisito	Desafios
Recuperação	Define-se pela capacidade de reiniciar a operação após uma falha, seja de dispositivos IoT ou por quedas de comunicação, por exemplo. São definidas em renascimento (reiniciar apenas um componente com falta) ou rejuvenescimento, que reinicia todos os outros dispositivos.	Um dos componentes do sistema foi desligado propositalmente a fim de avaliar até onde a operação continuará em execução. Além, foi testado a capacidade de voltar ao funcionamento, bem como o tempo gasto para tal.	Não é possível estabelecer até quando um sistema pode voltar a funcionar normalmente com um dano apresentado, bem como na atividade que um sistema estava realizando antes da falha.
Interoperabilidade	A comunicação M2M, bem como toda a topologia de rede da fábrica, contribuem para uma melhor utilização de banda, aumentando a sua eficiência.	Foram testados a questão de integração com outras plataformas (Cloud e outros nós de rede). Também foram enviados mensagens conflitantes para analisar possíveis problemas.	Foram vistos que, em aplicativos de terceiros, não haviam módulos de comunicação integrados ao API e também houve problemas de compatibilidade com os mesmos.

Requisito CPPS	Descrição	Teste do requisito	Desafios
Reconfigurabilidade	Resume-se pela aptidão do sistema em mudar as configurações do CPPS. Para otimizar a topologia de rede, os nós e o Cloud podem utilizar e alterar algoritmos de árvore, ponto ou grafos, para que possa se adaptar à realidade da companhia.	Foi avaliado o tempo de reconfiguração para uma nova topologia e em situações onde um nó é adicionado.	Por falta de testes mais apurados, não foi possível afirmar se a reconfiguração foi feita corretamente.

Tabela 2.7: Relação dos requisitos da CPPS com sua descrição, testes realizados e os desafios. Adaptado de Antão et al. [11].

Os autores apontaram os itens apresentados na Tabela 2.7 como método de validação, foram utilizados cenários de casos de uso para ilustrar um ambiente industrial baseado na convivência entre homem - contemplando operadores e outras pessoas na linha de produção - e máquina, proporcionando ao robô a adaptação à fadiga natural do ser humano. Todo este processo ocorre em um sistema com plataforma Cloud, coletando dados obtidos do operário e definindo novos parâmetros de trabalho para as máquinas, a fim de evitar possíveis incidentes [11].

Ainda no cenário entre robô e pessoa, os cenários de casos de uso se mostram viáveis para o estudo em questões de segurança (na garantia de prevenção à invasão), no tempo (para medir a precisão do tempo de reação e, conseqüentemente, medir o cansaço), prevenção a acidentes (testes de estresse em máquinas para verificar se, de alguma forma, pode ferir um ser humano), critérios de recuperação (realizar o reinício do sistema e validar a possibilidade de retomar ao trabalho em um tempo preferencialmente pequeno) e a interoperabilidade (testando a capacidade da plataforma em trabalhar de forma integrada com API de terceiros, bem como acrescentar novos sensores de forma automática) [11].

## 2.5.6 IoT Roadmap: Support for Internet of Things Software Systems Engineering

Motta et al. [77] desenvolveu o IoT Roadmap, uma ferramenta que auxilia a definição de todos os sistemas em IoT, atribuições para a equipe de desenvolvimento e a utilização de uma *checklist* com três atribuições (feito, para fazer e sem aplicação), Todos estes parâmetros são ligados a um ciclo com quatro atividades, com a finalidade de agregar maior conhecimento para um projeto:

1. **Ler o roteiro**, que possui como objetivo propor uma visão geral sobre as facetas;
2. **Considerar questões** antes de seguir com o processo, como exemplo, fatores regulatórios e restrições de mercados;
3. **Executar** a estratégia escolhida para o projeto;
4. **Combinar** o roteiro planejado com outros processos em uso, caso haja necessidade.

O Iot Roadmap realiza a combinação de fases, facetas e itens, havendo uma ligação direta entre o tema atual e o seu sucessor [77]. Dividido em subrotinas, os detalhes de cada uma das três etapas são:

1. **Fases:** Composta por três fases genéricas - definição do conceito, definição do sistema e realização do sistema, incluindo hardware e software - estas subrotinas contribuem para o ciclo de vida de um produto de software IoT, cobrindo suas definições, necessidades, restrições, que contribuem para satisfação das necessidades, uma vez identificadas. As três fases propostas podem evoluir ao longo do projeto;
2. **Facetas:** Com base nas áreas de conhecimento que englobam a IoT, os autores propõe oito facetas - problema de domínio, coisas, comportamento, interatividade, conectividade, inteligência, dados e ambiente - e propõe uma *checklist* para cada faceta com três tipos de resposta de forma que seja possível chegar a uma conclusão na etapa seguinte;
3. **Itens:** Dentro de cada faceta, existem questões cujas respostas - feito, para fazer ou não se aplica - servem como parâmetro para a contabilização de itens realizados, para fazer ou sem aplicação, cujo cálculo é realizado de forma incremental.

Em seu artigo, Motta et al. [77] destaca a aplicação desta *checklist* proposta com a soma dos itens, uma vez preenchidos.

## 2.6 Síntese das técnicas de validação em Engenharia de Requisitos no contexto da IoT

A Tabela 2.8 apresenta as técnicas de validação de requisitos no contexto da Internet das Coisas identificadas na literatura.

Seção	Nome do processo	Técnicas usadas
2.3.11	Non Functional Requirement Analysis in IoT based smart traffic management system [58]	Utiliza <i>checklist</i> para validar os requisitos levantados.
2.3.12	Horizontal Requirement Engineering in Integration of Multiple IoT Use Cases of City Platform as a Service [59]	Utiliza <i>checklists</i> para a validação dos relacionamentos.
2.3.19	Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly [64]	Utiliza questionários para realizar a validação de requisitos.
2.5.1	SCENARI <sub>IoT</sub> : Support for scenario specification of internet of things-based software systems [3]	Utiliza fluxos iterativos para os IAAs e, em casos específicos destes, utiliza <i>personas</i> .
2.5.2	SCENARI <sub>IoT</sub> CHECK: Uma Técnica de Leitura Baseada em <i>checklist</i> para Verificação de Cenários IoT [9]	Propõe a utilização de <i>checklist</i> .
2.5.3	Towards the Description and Representation of Smartness in IoT Scenarios Specification [10]	Utiliza cenários, com base em <i>templates</i> para elicitar e validar os requisitos.
2.5.4	Requirement Engineering Technique for Smart Spaces [76]	Utiliza casos de uso.
2.5.5	Requirements for Testing and Validating the Industrial Internet of Things [11]	Utiliza casos de teste.
2.5.6	IoT Roadmap: Support for Internet of Things Software Systems Engineering [77]	Utiliza <i>checklist</i> .



---

Tabela 2.8: Visão geral das técnicas de validação de requisitos existentes em Internet das Coisas

## 2.7 Síntese do Capítulo

Neste Capítulo foi abordado os conceitos relacionados à Engenharia de Requisitos e Internet das Coisas (IoT). Além disso, foi apresentado os processos e técnicas de validação de requisitos no contexto da IoT. No Capítulo 3, será proposto um guia para acesso aos processos e técnicas de validação de requisitos existentes em Internet das Coisas.

# Capítulo 3

## Metodologia de Desenvolvimento do Guia

Neste trabalho foi realizado uma revisão da literatura para investigar os processos da Engenharia de Requisitos e as técnicas de validação de requisitos no contexto da IoT.

### 3.1 Questões de pesquisa

Para atingir o objetivo geral deste trabalho, foram definidas 03 questões de pesquisas (RQ):

1. RQ.1. Quais são os processos da Engenharia de Requisitos no contexto da IoT existentes na literatura?
2. RQ.2. Quais são as Técnicas utilizadas para realizar a validação de requisitos no contexto da IoT?
3. RQ.3 Qual a percepção dos profissionais de desenvolvimento de software em relação aos processos da RE no contexto de IoT e das técnicas para realizar a validação de requisitos?

Para responder as questões de pesquisa RQ.1 e RQ.2, nós realizamos uma revisão de literatura e para responder a RQ.3 nós executamos um *survey* contendo 12 questões fechadas e 3 abertas.

#### 3.1.1 RQ.1. Quais são os processos da Engenharia de Requisitos no contexto da IoT existentes na literatura?

Na revisão de literatura, foram identificados 22 processos de Engenharia de Requisitos no contexto de Internet das Coisas, conforme apresentado na Seção 2.3.

A Figura 3.1 apresenta os processos identificados na revisão de literatura. O detalhamento desses processos utilizados no guia estão detalhados no Capítulo 2 e o guia será apresentado na Seção 3.2. Os processos foram classificados em cinco categorias em relação as metodologias utilizadas:

1. **Diagramas:** Nesta categoria colocamos os processos existentes na Engenharia de Requisitos para o contexto de IoT que utilizaram os diagramas da UML e diagramas de afinidade. Estes diagramas foram utilizados por 50% dos processos identificados [43], [46], [47], [48], [52], [56], [59], [6], [63], [8], [72];
2. **BPMN:** 18,2% dos estudos identificados utilizaram modelagem de processos de negócio [4], [45], [7], [65] para elicitar, analisar e validar os requisitos no contexto da IoT;
3. **Diagramas e Templates:** O uso de templates em conjunto com diagramas da UML correspondeu a 9,1% dos processos identificados na revisão de literatura [44], [61];
4. **Modelo de Objetivos:** Nesta categoria, a utilização de Goal Model - ou Modelo de Objetivos - correspondeu a 9,1% dos processos identificados [60], [64];
5. **CORE, Diagramas e Modelo de Objetivos:** Os autores utilizaram o CORE para propor um processo para elicitar, analisar e validar os requisitos de software no contexto da IoT. Os autores utilizaram os diagramas da UML e Goal Model (Modelo de Objetivos), correspondendo a 4,5% dos processos identificados [73];
6. **Templates:** 4,5% dos estudos da literatura utilizaram templates para realizar a especificação e análise dos requisitos de software [58];
7. **5W1H:** Por fim, a metodologia 5W1H também foi utilizada apenas em um dos trabalhos identificados, correspondendo a 4,5% dos processos identificados [57].

### 3.1.2 RQ.2. Quais as Técnicas utilizadas para realizar a validação de requisitos no contexto da IoT?

Na revisão de literatura foram identificadas 9 técnicas de validação de requisitos utilizadas no contexto de IoT. As técnicas foram sumarizadas na Tabela 2.6. As nove técnicas identificadas são apresentadas na Figura 3.2.

1. **Checklist:** Tendo o maior percentual entre as publicações revisadas, o percentual de 22,2% corresponde aos estudos que utilizaram checklist como uma técnica de validação para IoT [77], [58];

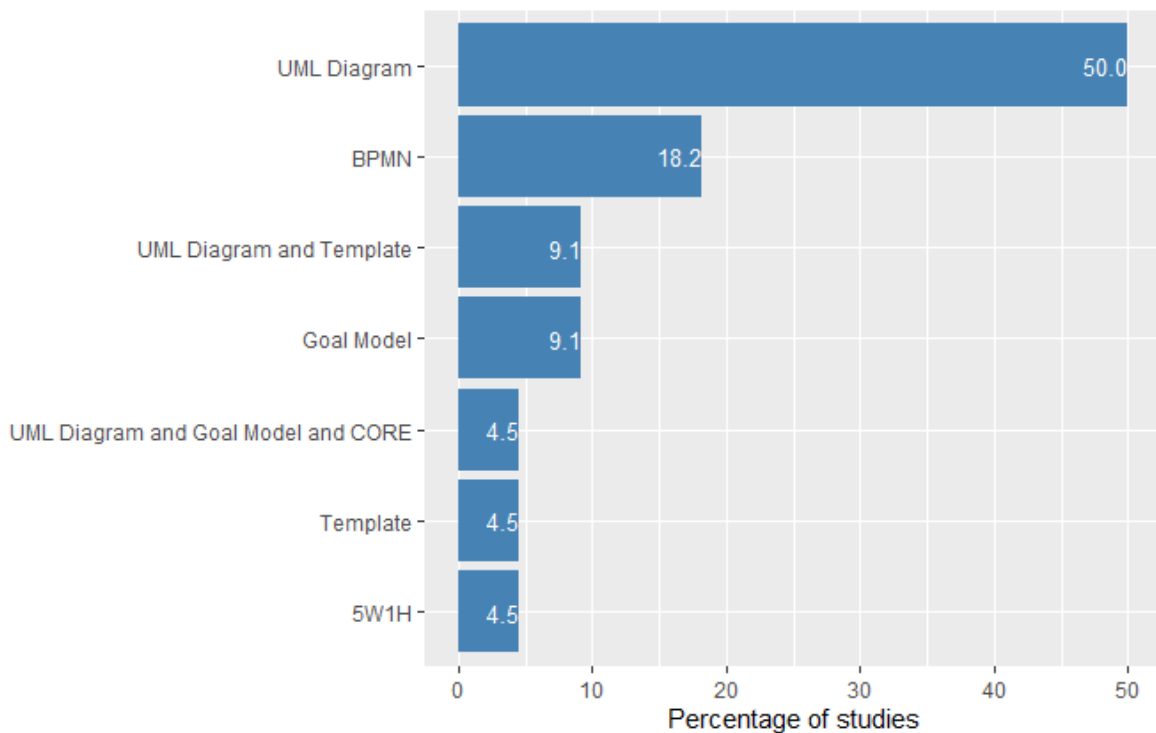


Figura 3.1: Processos de RE no contexto da IoT propostos na literatura.

2. **Checklist e Cenário:** O uso de duas técnicas de validação de requisitos em Internet das Coisas representa o percentual de 11,1% dos estudos realizados [9];
3. **Checklist e Casos de Uso:** O uso de checklist como técnica de validação de requisitos, aliada com os casos de uso, corresponde a 11,1% dos estudos identificados na literatura [59];
4. **Questionário:** A utilização de questionários como técnica de validação de requisitos no contexto da Internet das Coisas corresponde ao percentual de 11,1% dos estudos identificados [64].
5. **Cenário:** A utilização de cenários como uma técnica de validação de requisitos no âmbito da IoT corresponde ao percentual de 11,1% dos estudos realizados [10];
6. **Cenário e Personas:** Na revisão de literatura, identificamos apenas um estudo que utilizou a técnica de Cenário (fluxos iterativos) e Personas, correspondendo a 11,1% dos estudos [3];
7. **Casos de teste:** O uso desta técnica de validação de requisitos no âmbito da IoT, voltada principalmente para indústrias, corresponde a 11,1% dos estudos identificados [11];

8. **Casos de uso:** O uso da técnica de casos de uso para realizar a validação de requisitos no contexto de IoT corresponde ao percentual de 11,1% dos estudos identificados na revisão de literatura [76];

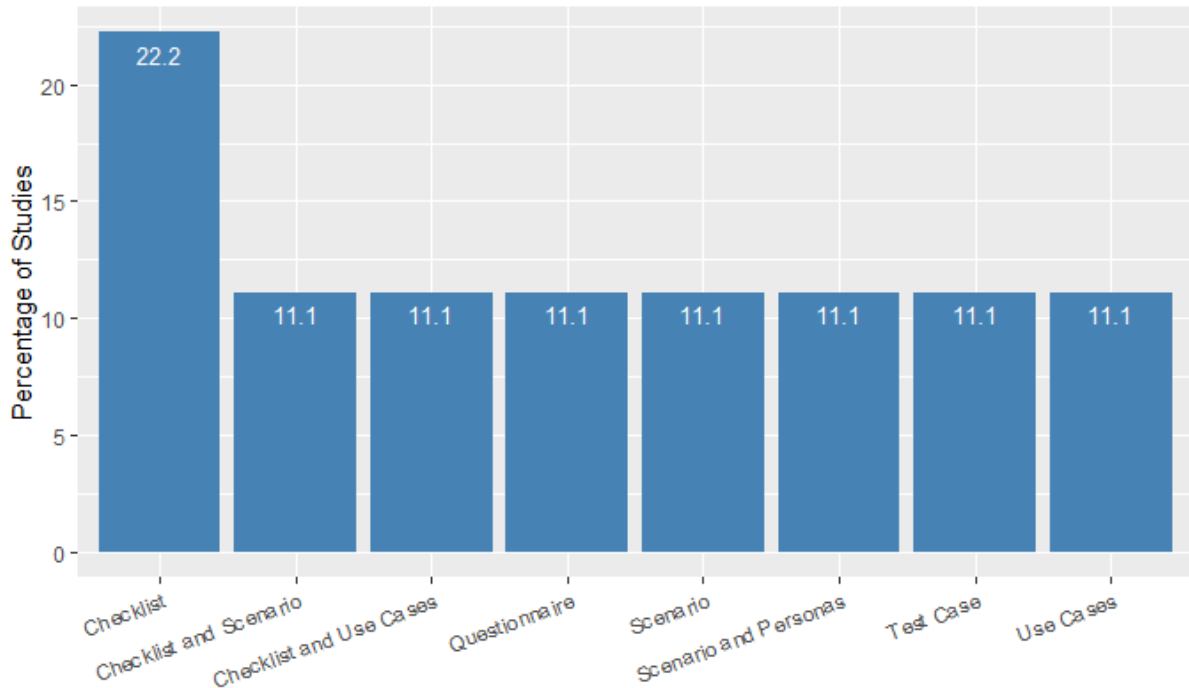


Figura 3.2: Técnicas de validação de requisitos utilizadas na literatura.

### 3.1.3 RQ.3. Qual a percepção dos profissionais de desenvolvimento de software em relação aos processos da RE no contexto de IoT e das técnicas para realizar a validação de requisitos?

Para responder esta questão de pesquisa, nós fizemos um *survey* contendo 12 questões fechadas e 3 abertas. Este *survey* foi enviado para pesquisadores, profissionais da área de IoT - sobretudo em startups - e entusiastas na área. A Tabela 3.1 apresenta as questões que fizeram parte do *survey*.

Pergunta	Natureza da pergunta	Opções
1. Endereço de e-mail	Fechada	Apenas informar o e-mail.

Pergunta	Natureza da pergunta	Opções
2. Em qual área você atua?	Fechada	Engenharia de Requisitos; Análise de Requisitos; Engenharia de Software; Desenvolvimento Front-end; Desenvolvimento Back-end; Administração de Banco de Dados; Gerente de Produto ou Projeto; Gerente ou Desenvolvedor em R; Análise de Qualidade; Designer (Designer de Interação, Designer UX) ou Especialista em Interação Humano-Computador; Pesquisador.
3. Qual é a natureza das operações da sua organização?	Fechada	Pública; Privada; Sou autônomo.
4. Há quanto tempo você trabalha com desenvolvimento de software?	Fechada	Menos de um ano; Entre 1 a 3 anos; Entre 4 a 6 anos; Entre 7 a 9 anos; Entre 10 a 15 anos; Mais de 16 anos.
5. Em que fase de desenvolvimento de software você trabalha?	Fechada	Elicitação de Requisitos; Análise de Dados; Modelagem do sistema; Desenvolvimento; Testes; Manutenção e evolução do software.
6. Você ou a empresa onde trabalha utiliza algum processo ou técnica de validação de IoT, cujo artigo foi publicado por pesquisadores?	Fechada	Sim; Não.
7. O que você usa para elicitar requisitos envolvendo IoT?	Fechada	Reunião com as partes interessadas; Experiência de usuário; Entrevista; Brainstorming; Casos de Uso; Histórias de Usuário; Documentação; Lista de verificação (checklist); Leis ou regulamentos; Não utilizo; Outros.

Pergunta	Natureza da pergunta	Opções
8. O que você usa para planejar (e validar) os requisitos de um software IoT?	Fechada	Análise de documentação; Casos de uso; Cartões; Lista de verificação (checklist); Diagramas; Prototipação; Questionário; Entrevista; Storyboard; Storytelling; Não utilizo; Outros.
9. Você conhece algum processo ou validação de técnica em IoT?	Fechada	Sim; Não.
10. Se sim, qual?	Aberta	
11. Você acredita que uma validação de processo ou técnica usando IoT seria importante para uma aplicação?	Fechada	Sim; Não.
12. Qual é a sua preocupação com o desenvolvimento de softwares IoT? (envolvendo validação, elicitação e outras fases da Engenharia de Software)	Fechada	Privacidade; Segurança dos dados; Identificação do usuário por RFID; Usabilidade; Possibilidade de haver ambiguidade; Falha (código, execução e/ou componentes, como sensores e atuadores); Precisão; Questões legais; Adaptação para usuários finais; Problemas de geolocalização (internet ruim, fornecimento de energia, ambiente úmido, temperatura e outros); Outros.
13. Você acha que um guia listando os processos e técnicas ajudaria no desenvolvimento de um sistema IoT?	Fechada	Sim; Não; Talvez.
14. Por qual razão?	Aberta	
15. Você tem sugestões sobre este guia?	Aberta	

Tabela 3.1: Questões do *survey*.

## 3.2 Desenvolvimento do Guia Proposto

Com o objetivo de catalogar os processos e as técnicas de validação de requisitos identificados na literatura, foi desenvolvido o IoT-Guide.

### 3.2.1 Concepção do IoT-Guide

O guia online está disponível em inglês e português e pode ser acessado por qualquer dispositivo eletrônico e sua finalidade é servir como base para o planejamento e o desenvolvimento de aplicações em Internet das Coisas. Considerando todos os processos e técnicas de validação identificados neste trabalho, os processos e técnicas foram categorizados de acordo com a metodologia utilizada pelos autores, compreendendo o nome(s) do autor(s), uma breve descrição e o apontamento para o Identificador de Objeto Digital (DOI) do trabalho publicado.

A indústria de aplicações no contexto de IoT, em sua grande maioria, não utilizam nenhuma metodologia dentre as propostas pela literatura, conforme resultados do *survey* descritos no Capítulo 4. Esse resultado pode ser devido a dificuldade em identificar em um único local as metodologias e técnicas de validação de requisitos disponíveis na literatura e em identificar quais deles podem ser úteis para o contexto do projeto. Com o intuito de minimizar essa lacuna, propomos a IoT-Guide, disponível e acessível através do link: <https://lucassilvasouza.github.io/iot-guide/sobre.html>. Na elaboração do guia, utilizamos os seguintes recursos:

- Estrutura do site: adotamos a quinta geração da Linguagem de Marcação de Hipertexto (HTML), com as estilizações da terceira geração das Sistema de Software Contemporâneo (CSS) [78];
- Framework: Bootstrap 5 [79];
- IDE: Visual Studio Code [80];
- Hospedagem: Github Pages<sup>1</sup>;
- Outras ferramentas: Browser-sync<sup>2</sup> e Node.js<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup><https://pages.github.com/>

<sup>2</sup><https://browsersync.io/>

<sup>3</sup><https://nodejs.org/en/>



## Tela Inicial do Guia

A página inicial do guia dispõe de informações gerais sobre a Internet das Coisas, com o apontamento para os links referentes aos processos e técnicas identificados na literatura, além disso, é possível acessar a versão do guia em inglês, conforme ilustrado na Figura 3.3.

IoT-Guide English Sobre Processos Técnicas Contato

### Sobre

A Internet das Coisas, desde sua concepção em 1999, inovou o mercado de Tecnologia da Informação na identificação, atuação e sensoriamento de ações diversas, desde a autorização de passagem em uma catraca com um cartão RFID ou a atuação de componentes elétricos, como aparelhos de ar-condicionado; para ambos, existem um ponto em comum: a conexão com a Internet. Estima-se que existem 20 bilhões de dispositivos IoT em operação e que, até 2023, haja um [investimento de 19 trilhões de dólares na área](#).

No entanto, apesar do constante crescimento, a área de IoT ainda necessita de investigações, principalmente em relação à validação de requisitos. Assim, diversas pesquisas surgem com o intuito de investigar os desafios envolvidos no desenvolvimento de aplicações no contexto de IoT. Com o objetivo de contribuir com essas pesquisas, nós propomos um guia para:

- Descrever os processos da Engenharia de Requisitos para aplicações no contexto de IoT e as técnicas de validação de requisitos utilizadas;
- Apoiar os profissionais de TIC na elicitação, verificação e validação de requisitos dos projetos de software no contexto de IoT.

Neste guia proposto, os processos da Engenharia de Requisitos para aplicações no contexto de IoT e as técnicas de validação de requisitos identificados na literatura, podem ser consultados através de uma [lista geral](#) pelos profissionais da área de desenvolvimento de software em IoT.

Icons made by [Becris](#) and [Eucalypt](#) from [www.flaticon.com](#)

#### Processos

Revisão de literatura sobre os processos da Engenharia de Requisitos em IoT.

[Acessar](#)

#### Técnicas

Detalhamento das técnicas de validação de requisitos em Internet das Coisas.

[Acessar](#)

Universidade de Brasília • Instituto de Ciências Exatas • Departamento de Ciência da Computação

Figura 3.3: Página inicial do guia

## Processos

Nesta página, todos os processos da Engenharia de Requisitos para IoT (Seção 2.3) encontram-se categorizados de acordo com a metodologia utilizada pelos autores. Para cada opção selecionada, o usuário poderá visualizar cartões contendo o título do artigo publicado, seus autores, uma TAG simbolizando a técnica utilizada e uma breve descrição do artigo, conforme ilustrado na Figura 3.4. Além dessas informações, nas referências os trabalhos, existe um apontamento para acessar à publicação através do DOI, quando disponível.

## Técnicas

A Figura 3.5 apresenta a tela do guia com as técnicas utilizadas na literatura para realizar a validação de requisitos no contexto de IoT. As técnicas também foram classificadas, de acordo com o tipo de técnica utilizada pelos autores. Por exemplo, se o usuário selecionar

## Processos da Engenharia de Requisitos que abordam a validação de requisitos no contexto da Internet das Coisas (IoT)

Cada processo desenvolvido por diversos autores varia de acordo com sua especificação, proposta e situações específicas. Nós categorizamos os processos relacionados à validação de requisitos em Internet das Coisas em:

BPMN **Diagramas** Templates Modelo de Objetivos 5W1H CORE

**A UML-based Proposal for IoT System Requirements Specification**  
Autores: Gianna Reggio [10]  
Técnicas: Diagramas UML.  
Descrição: A autora propôs o IoTReq, um processo para elicitação e especificação de requisitos de sistemas IoT utilizando diagramas UML. A autora não realizou a validação de requisitos em um contexto prático.

**Key Abstractions for IoT-Oriented Software Engineering**  
Autores: Franco Zambonelli [12]  
Técnicas: Diagramas UML.  
Descrição: O autor reforçou questões chave para a elaboração de um sistema em IoT utilizando os diagramas da UML.

**Intelligent Parking Management by Means of Capability Oriented Requirements Engineering**  
Autores: Hamdi et al. [15]  
Técnicas: CORE, Diagramas UML e Modelo de Objetivos.  
Descrição: Os autores propuseram um processo no contexto de cidades inteligentes utilizando a Engenharia de Requisitos Orientada a Capacidade (CORE), servindo como base para a criação de um sistema de estacionamento inteligente, utilizando diagramas UML e modelos de objetivos para realizar a elicitação e análise de requisitos.

**Detecting IoT Applications Opportunities and Requirements Elicitation: A Design Thinking Based Approach**  
Autores: Dantas et al. [23]

**Conversion Method for User Experience Design Information and Software Requirement Specification**  
Autores: Ayumi Takeda e Yosuke Hatakeyama [13]  
Técnicas: Diagramas UML.

**Stakeholder Identification and Use Case Representation for Internet-**

Figura 3.4: Processos da RE no guia.

a opção Checklist, todos os trabalhos que utilizaram checklists para realizar a validação de requisitos serão apresentados em uma nova tela para o usuário.

## Técnicas da Engenharia de Requisitos que abordam a validação de requisitos no contexto da Internet das Coisas (IoT)

Cada técnica desenvolvida pelos diversos autores varia de acordo com sua especificação, proposta e situações específicas. Dos artigos revisados sobre validação de requisitos em Internet das coisas, categorizamos nas opções abaixo:

Cenário **Casos de Uso** Casos de Teste Checklist **Personas** Questionário

**SCENARIOt: Support for Scenario Specification of Internet of Things-Based Software Systems**  
Autora: Valéria Silva [2]  
Técnicas: Cenário e Personas  
Descrição: Dispõe na elaboração de nove cenários baseado em fluxos iterativos para as funcionalidades do sistema, definidas por intermédio do usuário ou por software. Em casos específicos, utiliza personas.

**SCENARIOtCHECK: Uma Técnica de Leitura Baseada em Checklist para Verificação de Cenários IoT**  
Autor: Bruno Pedraça de Souza [5]  
Técnicas: Cenário e Checklist.  
Descrição: Com o objetivo de melhorar o SCENARIOt, o autor adotou as técnicas de cenários, personas (ambas presentes na SCENARIOt) e agregou checklists para validar se os requisitos elicitados estavam condizentes com a documentação de software.

**Towards the Description and Representation of Smartness in IoT Scenarios Specification**  
Autor: Souza et al. [6]  
Técnicas: Cenários.  
Descrição: Os autores propuseram uma técnica que consiste na elaboração de templates voltados para a elicitação, análise e a validação dos requisitos em IoT, utilizando cenários para tal. É voltado principalmente para fins de *smart home* (casa inteligente).

Figura 3.5: Técnicas de validação de requisitos no guia

### 3.3 Análise do *survey*

O *survey* obteve 32 respostas, colhidas entre o dia 26 de Maio a 26 de Junho de 2021. Obtivemos respostas de pessoas que trabalham comercialmente com IoT, pesquisadores e entusiastas em atividades de automação. Utilizamos a ferramenta Google Forms, cuja divulgação foi realizada através do LinkedIn, grupos no Reddit, Facebook, Instagram, Telegram e divulgação por e-mail para startups em IoT e pesquisadores.

Em suas respostas - cujos detalhes estão no Capítulo 4 - foi visto uma maior influência de pessoas que atuam no serviço privado, sobretudo em empresas. Notamos que, em ambiente profissional, todas as companhias realizam seus projetos em Internet das Coisas sem embasamento teórico produzido por pesquisadores na área. Além disto, muitas startups em IoT se recusaram a responder o formulário por razões de *cumpliance* (conformidade).

### 3.4 Síntese do Capítulo

Neste Capítulo foi abordado o detalhamento da metodologia, que incluem a criação de um guia contendo os processos e técnicas de validação da Engenharia de Requisitos que englobam a IoT. No Capítulo 4, será realizada uma avaliação das respostas obtidas do *survey*.

# Capítulo 4

## Resultados do Survey

Este capítulo apresenta uma análise das respostas obtidas através de um *survey* sobre questões voltadas para os processos e técnicas de validação de requisitos no contexto da IoT.

### 4.1 Perfil dos Participantes

O *survey* foi enviado para brasileiros e estrangeiros que estudam, exercem funções remuneradas ou são entusiastas em Internet das Coisas. Além das pessoas, este questionário também foi encaminhado para empresas que exercem atividades comerciais em Internet das Coisas.

37,5% dos respondentes do *survey* são pesquisadores na área de desenvolvimento de software e engenharia de requisitos, 18,8% afirmaram que atuam como gerente de produto ou projeto, 15,6% atuam como desenvolvedor front-end, 9,4% dos profissionais afirmaram que atuam como desenvolvedor back-end e 9,4% afirmaram que atuam como engenheiro de software. 6,2% dos profissionais afirmaram que atuam como administrador de banco de dados e apenas 3,1% atuam como testador, conforme apresentado na Figura 4.1.

31,2% dos participantes do *survey* possuem entre 1 a 3 anos de experiência em desenvolvimento de aplicações de IoT, 25% afirmaram que possuem entre 4 a 6 anos, 18,8% possuem mais de 16 anos de experiência, 12,5% possuem menos de um ano, 9,4% possuem entre 10 a 15 anos de experiência e 3,1% dos profissionais afirmaram que possuem entre 7 a 9 anos de experiência. 46,9% dos profissionais trabalham em organizações privadas e 43,8% trabalham em organizações públicas. 9,4% dos profissionais atuam como autônomo, conforme apresentado na Figura 4.1.

34,4% dos respondentes do *survey* exercem suas atividades na área de Desenvolvimento, 21,9% afirmaram trabalhar com Modelagem do sistema, 18,8% atuam em Análise de Dados, 12,5% executam funções na área de Elicitação de Requisitos e, por último,

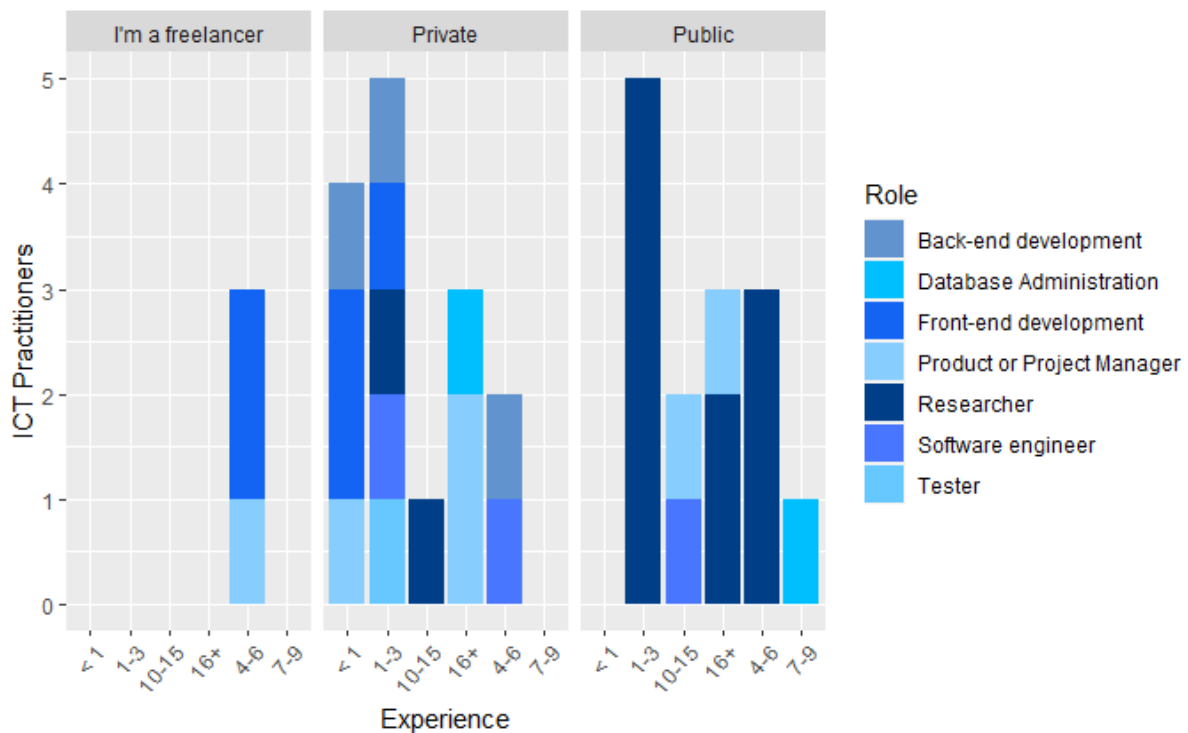


Figura 4.1: Área de atuação, Natureza das suas operações e Tempo de Experiência

as áreas de Manutenção e evolução do software e Testes correspondem, cada, a 6,2%, conforme apresentado na Figura 4.2. Nós também perguntamos aos profissionais se eles conhecem algum processo de RE proposto para o contexto de IoT ou alguma técnica de validação de requisitos. A maioria dos profissionais de IoT informaram não conhecer os processos e técnicas disponíveis na literatura para apoiar a fase de requisitos em projetos no contexto de IoT.

## 4.2 Processos da Engenharia de Requisitos e Técnicas de Validação de Requisitos

Em relação as técnicas de elicitação de requisitos utilizadas pelos profissionais, 17,7% dos profissionais afirmaram utilizar a técnica de Reunião com as partes interessadas, 12,9% utilizam Brainstorming e Casos de Uso, 12,1% utilizam Experiência de Usuário, 10,5% utilizam a Documentação do projeto e Histórias de Usuário, 9,7% utilizam Entrevistas, 7,3% utilizam checklist e 6,5% realizam a elicitação de requisitos utilizando Leis ou Regulamentos, conforme apresentado na Figura 4.3.

18,2% dos profissionais executam o planejamento e a validação dos requisitos de software em IoT utilizando a técnica de Prototipação, 16,2% afirmaram utilizar Casos de

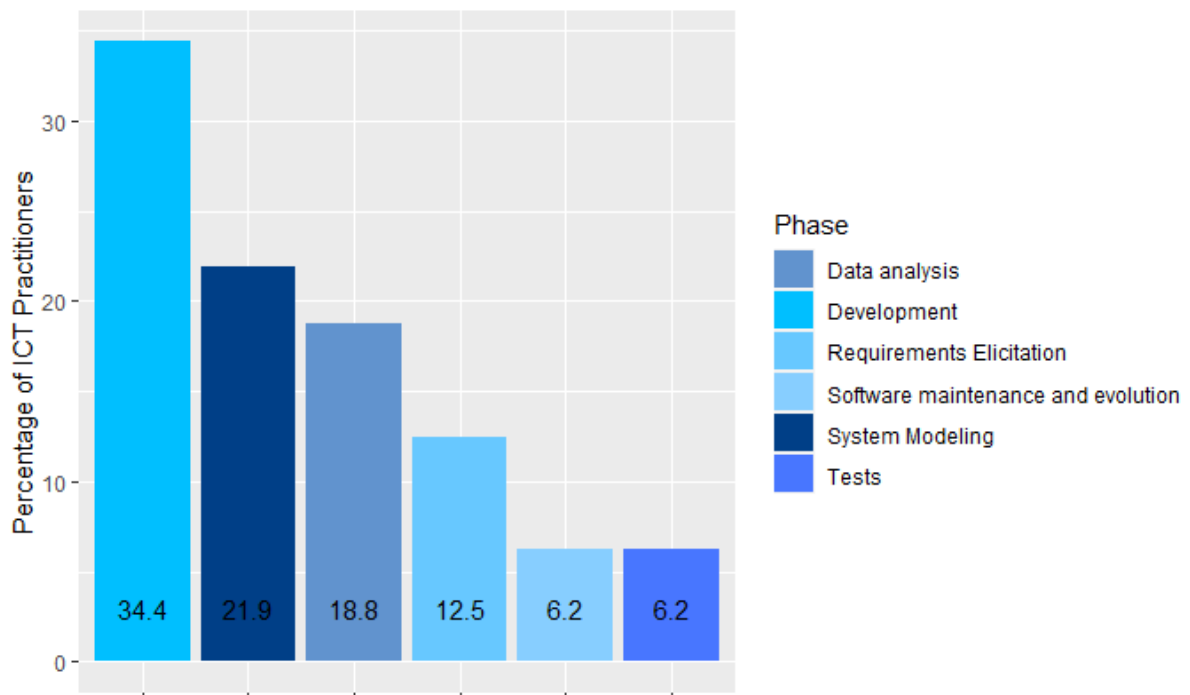


Figura 4.2: Papel de atuação

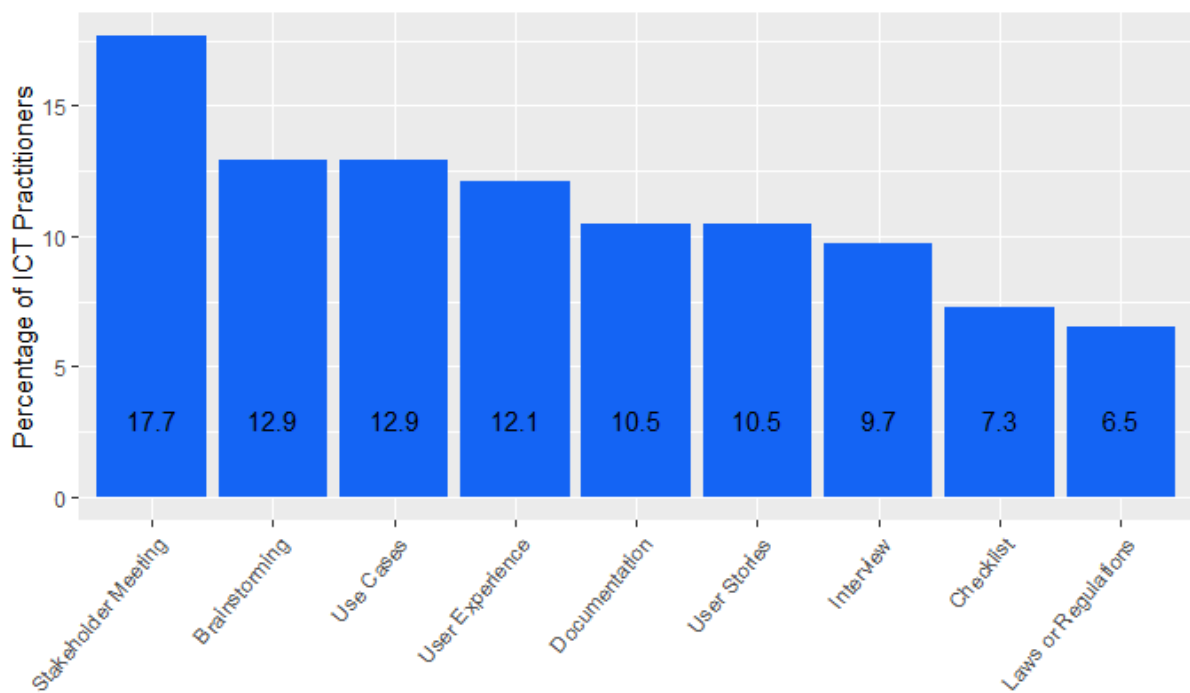


Figura 4.3: Técnicas de elicitação de requisitos utilizadas pelos profissionais

Uso, 15,2% afirmaram utilizar Análise de Documentação, 12,1% utilizam Checklist para validar requisitos. Diagramas são utilizados por 8,1% dos profissionais, Cartões por 7,1%, Storytelling, Storyboard e Entrevista por 5,1% respectivamente e Questionário por 4% dos profissionais. 4% dos profissionais afirmaram não utilizar nenhuma técnica para planejar e validar os requisitos, conforme apresentado na Figura 4.4.

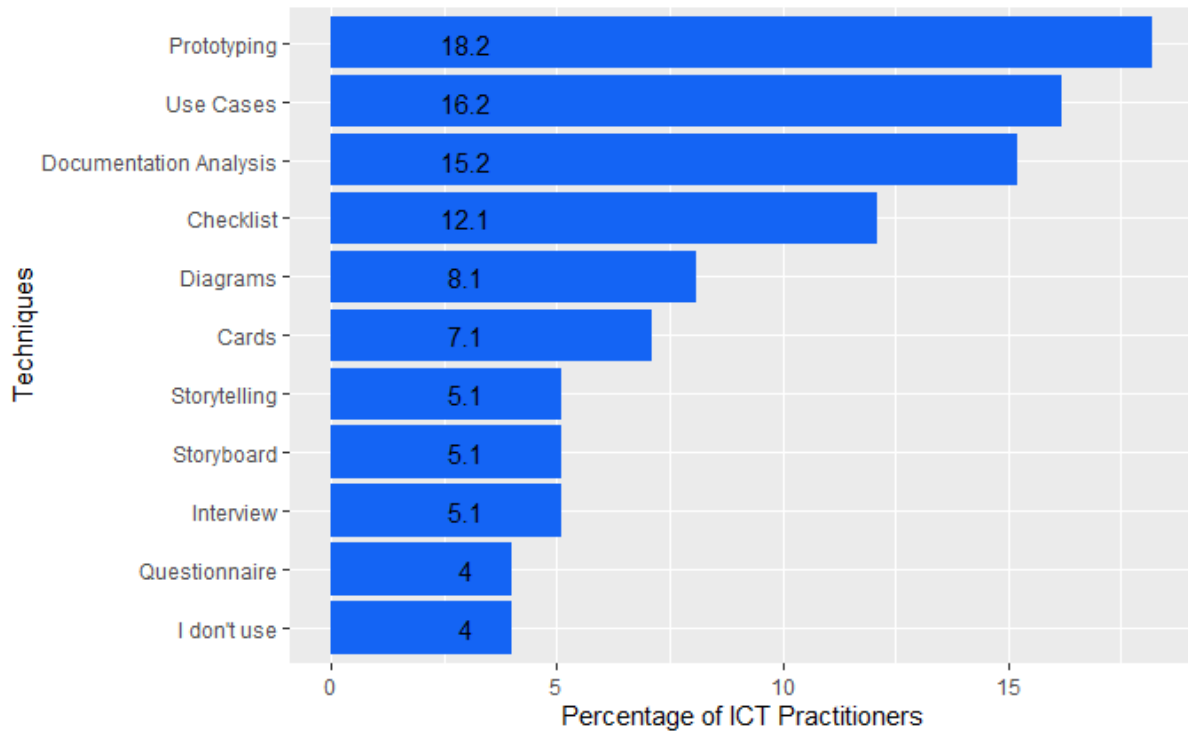


Figura 4.4: Técnicas para validar requisitos utilizadas pelos profissionais

Nós também perguntamos se os profissionais conheciam algum processo ou técnica de validação de requisitos no contexto da IoT. 3 profissionais responderam que conhecem a técnica SCENAR<sub>IoT</sub>CHECK and SCENAR<sub>IoT</sub>, propostas por Souza [9] e Silva [3]. Um profissional afirmou conhecer as técnicas de checklist e prototipação.

Em relação as preocupações dos profissionais com o desenvolvimento de softwares em IoT, envolvendo aspectos relacionados a elicitação e validação de requisitos de software, 20,2% dos profissionais afirmaram ter preocupação com Segurança dos Dados, 16,3% afirmaram se preocupar com as questões relacionadas a Privacidade, 14% com usabilidade, 11,6% se preocupam com a Adaptação para usuários finais, 10,9% se importam com a possibilidade de Falhas, 8,5% afirmaram se preocupar com problemas de Geografia e Questões legais. Precisão é uma preocupação de 7% dos profissionais e 1,6% dos profissionais se preocupam com a Identificação do usuário por RFID e a possibilidade de Ambiguidade, conforme apresentado na Figura 4.5.

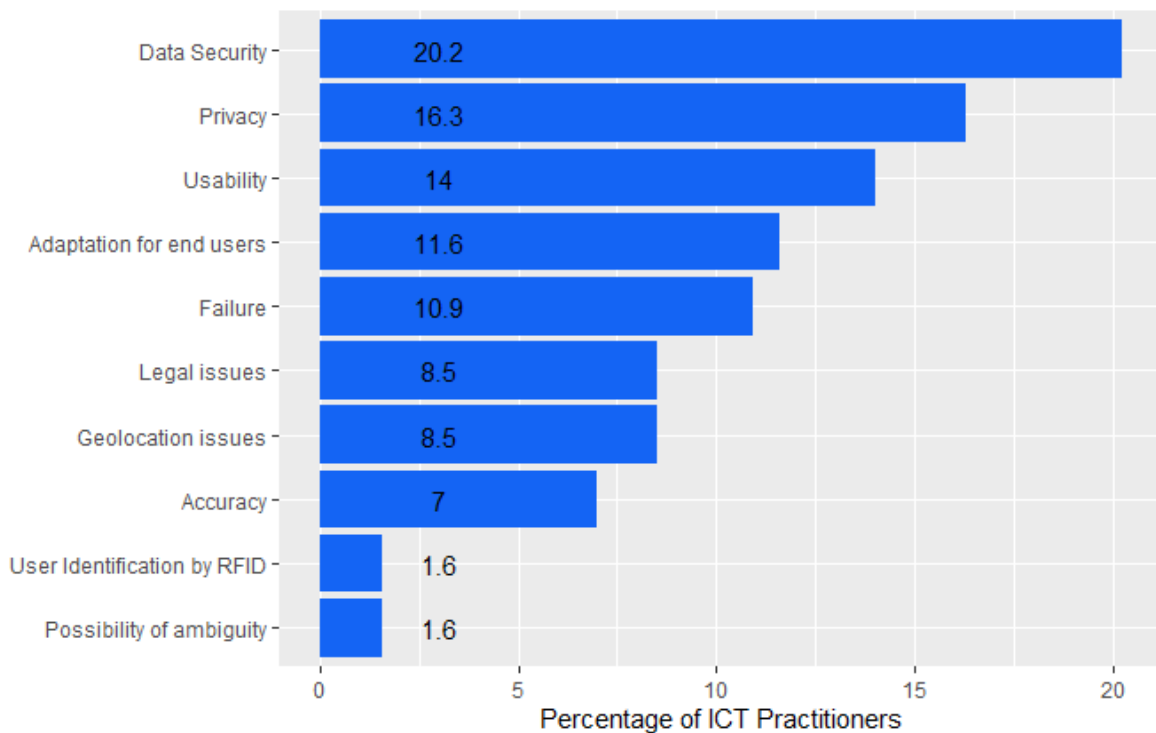


Figura 4.5: Preocupações com o desenvolvimento de softwares IoT (envolvendo validação, elicitação e etc.)

De acordo com os resultados obtidos no *survey*, podemos concluir que as técnicas mais utilizadas pelos profissionais para realizar a especificação de requisitos são as reuniões com as partes interessadas, brainstorming e casos de uso e as técnicas mais utilizadas pelos profissionais para validar requisitos são protótipos, casos de uso e análise de documentação.

No *survey* nós perguntamos o que os profissionais achavam de ter um guia contendo os processos da RE no contexto de IoT e as técnicas utilizadas por eles para validar os requisitos. 78,1% dos profissionais afirmaram que achavam importante a existência de um guia para apoiá-los nas suas atividades diárias. Algumas razões mencionadas pelos profissionais foram:

*“É algo para ter uma referência e verificar se está tudo bem.”*

*“[...] é um termo pouco conhecido de forma geral e as pessoas não tem noção de que muitas coisas do cotidiano delas já estão inseridas nesse conceito.”*

*“Ajudaria na rápida identificação de um conjunto de técnicas disponíveis.”*



*“[Um guia] embasaria melhor as escolhas de projeto, como microcontroladores, sensores, módulos, etc.”*

*“Serviria como um norte para buscar o processo/técnica para ser utilizado, ou seja, seria mais prático do que procurar na literatura sem nenhum rumo.”*

### **4.3 Limitações e Ameaças para Validação**

Essa pesquisa possui algumas ameaças para validar. A primeira ameaça envolve os processos identificados na literatura, uma vez que não podemos garantir que todos os estudos foram identificados durante a revisão de literatura. Para minimizar essa ameaça, monitoramos as publicações realizadas até uma semana antes da finalização dessa pesquisa.

Outra ameaça está relacionada com o número de participantes que responderam o *survey*. Sabemos que existem trabalhos na literatura com uma quantidade pequena de respondentes e que é difícil incentivar os profissionais a participarem desse tipo de pesquisa. Com o objetivo de minimizar essa ameaça, nós entramos em contato com diversas empresas que desenvolvem aplicações no contexto de IoT para convidar os teams de desenvolvimento para responder o *survey*. Algumas empresas retornaram o nosso e-mail, respondendo que não iriam contribuir com o *survey* por questões políticas internas (regras de compliance ou outras cláusulas contratuais). Portanto, os resultados obtidos podem não refletir a realidade de todas as companhias que desenvolvem aplicações no contexto de IoT e assim, não podemos generalizar nossos achados.

# Capítulo 5

## Conclusões e Trabalhos Futuros

A Internet das Coisas cresceu de forma exponencial nos últimos dez anos, proporcionada por novas tendências da sociedade e atendendo às necessidades de diversas atividades comerciais, influenciadas pela Indústria 4.0 [13]. Este trabalho possibilitou perceber uma lacuna no mercado referente a insuficiência de estudos existentes na literatura em comparação com a rápida expansão da IoT em empresas e residências, bem como a dificuldade para encontrar tais estudos em plataformas digitais.

Para sanar estes problemas, propomos o IoT-Guide, um guia que possui a finalidade de agrupar todos os processos da Engenharia de Requisitos em IoT e técnicas de validação de requisitos disponíveis na literatura - nos quais foram revisados no Capítulo 2 - e prover uma ferramenta norteadora para pesquisadores e equipes de desenvolvimento no que tange ao planejamento de seus projetos ou criação de novas metodologias da Engenharia de Requisitos no contexto de IoT.

Com base nesta revisão de literatura, levantamos três questões de pesquisa levantadas no Capítulo 3, cujas respostas foram obtidas através de uma análise percentual e de um *survey*. Este questionário contendo quinze questões - doze delas fechadas e três abertas - foi enviado para toda a comunidade a fim de colher dados e analisar a opinião dos *practitioners* sobre o guia proposto, na qual obtivemos 78,1% de aprovação.

Através deste *survey*, pudemos validar a viabilidade do guia proposto contendo os processos e técnicas de validação da Engenharia de Requisitos no âmbito da Internet das Coisas. Apesar de não podermos generalizar os dados sobre o desenvolvimento de tecnologias IoT nas empresas privadas (por políticas internas de cada companhia), 50% dos *practitioners* - que atuam no setor público, privado ou são autônomos - responderam que desconhecem o uso de metodologias de validação de requisitos capazes de nortear o planejamento de softwares IoT. Portanto, a utilização de um guia se torna necessária para estas atividades.

Apesar de todas as limitações notadas pelo *survey*, cabe ressaltar que a área de Internet das Coisas se expandiu de forma expressiva na última década e que os estudos já existentes na literatura buscam reforçar a elaboração de novos processos e técnicas existentes na Engenharia de Requisitos no contexto de IoT. Além disto, existe a possibilidade de metodologias futuras serem publicadas de modo que suas estruturas estejam adaptadas para as legislações vigentes, sobretudo no que tange a privacidade e segurança dos dados.

Esperamos que a proposta deste guia atenda os setores da sociedade que trabalham ou estudam sobre as funcionalidades da Internet das Coisas. Como trabalho futuro no IoT-Guide, propomos um guia com informações dinâmicas, em que cada pesquisador pode inserir seu método de validação de requisitos em IoT através de uma área administrativa, podendo inserir imagens, vídeos e textos. Outro ponto a ser considerado é melhorar, na página inicial, a seleção de idioma, a fim de proporcionar uma melhor experiência no acesso por parte dos autores de artigos e profissionais do ramo de Internet das Coisas.

# Referências

- [1] Rehman, Tousif ur, Muhammad Naeem Ahmed Khan e Naveed Riaz: *Analysis of requirement engineering processes, tools/techniques and methodologies*. International Journal of Information Technology and Computer Science (IJITCS), 5(3):40, 2013. xi, 8, 9, 10, 32
- [2] Boehm, B. W.: *Software engineering economics*. IEEE Transactions on Software Engineering, SE-10(1):4–21, 1984. xi, 15, 16
- [3] Silva, Valeria Martins da: *Support for scenario specification of internet of things-based software systems*. UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, Brazil, 2019. xi, 2, 16, 17, 38, 39, 57, 59, 60, 61, 62, 63, 72, 76, 87
- [4] Silva, Danyllo, Taisa Guidini Gonçalves e Ana Regina C da Rocha: *A requirements engineering process for iot systems*. Em *Proceedings of the XVIII Brazilian symposium on software quality*, páginas 204–209, 2019. xi, 22, 23, 24, 54, 75
- [5] Hevner, Alan R: *A three cycle view of design science research*. Scandinavian journal of information systems, 19(2):4, 2007. xi, xiii, 29, 30, 31
- [6] Krishna, Ajay, Michel Le Pallec, Radu Mateescu, Ludovic Noirie e Gwen Salaün: *Iot composer: composition and deployment of iot applications*. Em Atlee, Joanne M., Tefvik Bultan e Jon Whittle (editores): *Proceedings of the 41st International Conference on Software Engineering: Companion Proceedings, ICSE 2019, Montreal, QC, Canada, May 25-31, 2019*, páginas 19–22. IEEE / ACM, 2019. <https://doi.org/10.1109/ICSE-Companion.2019.00028>. xi, 40, 57, 75
- [7] Carvalho, Rainara Maia, Rossana M. C. Andrade e Káthia Marçal de Oliveira: *Towards a catalog of conflicts for HCI quality characteristics in ubicomp and iot applications: Process and first results*. Em *12th International Conference on Research Challenges in Information Science, RCIS 2018, Nantes, France, May 29-31, 2018*, páginas 1–6. IEEE, 2018. <https://doi.org/10.1109/RCIS.2018.8406651>. xi, 43, 44, 58, 75
- [8] Zambonelli, Franco: *Key abstractions for iot-oriented software engineering*. IEEE Softw., 34(1):38–45, 2017. <https://doi.org/10.1109/MS.2017.3>. xiii, 41, 42, 57, 75
- [9] Souza, Bruno Pedraça de: *SCENARIOTCHECK: UMA TÉCNICA DE LEITURA BASEADA EM CHECKLIST PARA VERIFICAÇÃO DE CENÁRIOS IOT*. Tese

de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2020. xiii, 16, 18, 38, 39, 57, 61, 62, 72, 76, 87

- [10] Souza, Bruno Pedraça de, Rebeca Campos Motta e Guilherme Horta Travassos: *Towards the description and representation of smartness in iot scenarios specification*. Em Carmo Machado, Ivan do, Rodrigo Souza, Rita Suzana Pitangueira Maciel e Cláudio Sant'Anna (editores): *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES 2019, Salvador, Brazil, September 23-27, 2019*, páginas 511–516. ACM, 2019. <https://doi.org/10.1145/3350768.3351797>. xiii, 62, 63, 64, 65, 72, 76
- [11] Antão, Liliana, Rui Pinto, João Reis e Gil Gonçalves: *Requirements for testing and validating the industrial internet of things*. Em *2018 IEEE International Conference on Software Testing, Verification and Validation Workshops, ICST Workshops, Västerås, Sweden, April 9-13, 2018*, páginas 110–115. IEEE Computer Society, 2018. <http://doi.ieeecomputersociety.org/10.1109/ICSTW.2018.00036>. xiii, 66, 70, 72, 76
- [12] Pádua Paula Filho, Wilson de: *Engenharia de software*, volume 2. LTC, 2003. 1, 6
- [13] Schwab, Klaus: *A quarta revolução industrial*. Edipro, 2019. 1, 2, 16, 19, 20, 21, 66, 90
- [14] Santos, Bruno P., Lucas A. M. Silva, Clayson S. F. S. Celes, João B. Borges Neto, Bruna S. Peres, Marcos Augusto M. Vieira, Luiz Filipe M. Vieira, Olga N. Goussevskaia e Antonio A. F. Loureiro: *Internet das coisas: da teoria à prática*. Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, MG, Brasil, 2016. 1, 16, 17, 18
- [15] Pal, Kamalendu e Ansar-Ul-Haque Yasar: *Convergence of internet of things and blockchain technology in managing supply chain*. J. Ubiquitous Syst. Pervasive Networks, 14(2):11–19, 2021. <https://doi.org/10.5383/juspn.14.02.002>. 1
- [16] Kang, Sooyoung e Seungjoo Kim: *How to obtain common criteria certification of smart TV for home iot security and reliability*. Symmetry, 9(10):233, 2017. <https://doi.org/10.3390/sym9100233>. 1
- [17] Agência de Notícias (IBGE): *Smart tvs crescem, mas 11,9 milhões de brasileiros ainda dependem de sinal analógico*, 2018. <https://cod.ibge.gov.br/3P7TB>. 1
- [18] Afreen, Hina e Imran Sarwar Bajwa: *An iot-based real-time intelligent monitoring and notification system of cold storage*. IEEE Access, 9:38236–38253, 2021. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3056672>. 2
- [19] Motta, Rebeca Campos, Káthia Marçal de Oliveira e Guilherme Horta Travassos: *On challenges in engineering iot software systems*. J. Softw. Eng. Res. Dev., 7:5, 2019. <https://doi.org/10.5753/jserd.2019.15>. 2
- [20] Citkin, Alex e Urszula Wybraniec-Skardowska: *Deductive systems in traditional and modern logic*. Axioms, 9(3):108, 2020. <https://doi.org/10.3390/axioms9030108>. 4

- [21] Wazlawick, Raul Sidnei: *Metodologia de pesquisa para ciência da computação*, volume 2. Elsevier, 2009. 4
- [22] Kalinowski, Marcos e Rodrigo Oliveira Spínola: *Introdução à inspeção de software*. Revista Engenharia de Software: Qualidade de software, 1, 2008. 6
- [23] Bourque, Pierre, Richard E Fairley *et al.*: *Guide to the software engineering body of knowledge (SWEBOK (R)): Version 3.0*. IEEE Computer Society Press, 2014. 6, 8
- [24] Ávila, Ana Luiza e Rodrigo Oliveira Spínola: *Introdução à engenharia de requisitos*. Engenharia de software Magazine, páginas 46–52, 2007. 7
- [25] Vazquez, Carlos Eduardo e Guilherme Siqueira Simões: *Engenharia de Requisitos: software orientado ao negócio*. Brasport, 2016. 8
- [26] Sommerville, Ian: *Engenharia de software*. PEARSON BRASIL, 2011, ISBN 9788579361081. <https://books.google.com.br/books?id=H4u5ygAACAAJ>. 8
- [27] Shams-Ul-Arif, Q Khan e SAK Gahyyur: *Requirements engineering processes, tools/technologies, & methodologies*. International Journal of Reviews in Computing, 2(6):41–56, 2009. 8
- [28] Pohl, Klaus: *Requirements engineering fundamentals: a study guide for the certified professional for requirements engineering exam-foundation level-IREB compliant*. Rocky Nook, Inc., 2016. 11, 12, 13, 14, 15
- [29] Laplante, Phillip A: *Requirements engineering for software and systems*. CRC Press, 2017. 11, 12
- [30] Milenkovic, Milan: *Internet of Things: Concepts and System Design*. Springer, 2020, ISBN 978-3-030-41345-3. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-41346-0>. 17, 18, 19, 20
- [31] Al-Ani, A. K., M. Anbar, A. Al-Ani e D. R. Ibrahim: *Match-prevention technique against denial-of-service attack on address resolution and duplicate address detection processes in ipv6 link-local network*. IEEE Access, 8:27122–27138, 2020. 17
- [32] Lacerda, Flávia: *Arquitetura da informação pervasiva: projetos de ecossistemas de informação na internet das coisas*. Universidade de Brasília, 2015. 18, 20
- [33] Sigcha, Luis, Ignacio Pavón, Néelson Costa, Susana Costa, Miguel Gago, Pedro M. Arezes, Juan Manuel López e Guillermo de Arcas: *Automatic resting tremor assessment in parkinson's disease using smartwatches and multitask convolutional neural networks*. Sensors, 21(1):291, 2021. <https://doi.org/10.3390/s21010291>. 18
- [34] Rezk, Nermeen Gamal, Ezz El-Din Hemdan, Abdel-Fattah Attia, Ayman El-Sayed e Mohamed A. El-Rashidy: *An efficient iot based smart farming system using machine learning algorithms*. Multim. Tools Appl., 80(1):773–797, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09740-6>. 19

- [35] Chauhan, Vatsal, Meetu Patel, Sudeep Tanwar, Sudhanshu Tyagi e Neeraj Kumar: *Iot enabled real-time urban transport management system*. *Comput. Electr. Eng.*, 86:106746, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2020.106746>. 19, 20
- [36] Pramanik, Md. Aktaruzzaman, Md. Mahbubur Rahman, A. S. M. Iftekhar Anam, Amin Ahsan Ali, M. Ashraful Amin e A K M Mahbubur Rahman: *Modeling traffic congestion in developing countries using google maps data*. *CoRR*, abs/2011.02359, 2020. <https://arxiv.org/abs/2011.02359>. 19
- [37] Motallebi, Sadegh, Hairuo Xie, Egemen Tanin, Jianzhong Qi e Kotagiri Ramamohanarao: *Route intersection reduction with connected autonomous vehicles*. *Geoinformatica*, 25(1):99–125, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10707-020-00420-z>. 20
- [38] Gaur, Aditya, Bryan W. Scotney, Gerard P. Parr e Sally I. McClean: *Smart city architecture and its applications based on iot*. Em Shakshuki, Elhadi M. (editor): *Proceedings of the 6th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2015), the 5th International Conference on Sustainable Energy Information Technology (SEIT-2015), London, UK, June 2-5, 2015*, volume 52 de *Procedia Computer Science*, páginas 1089–1094. Elsevier, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.122>. 20
- [39] Anand, Pooja, Yashwant Singh, Arvind Kumar Selwal, Mamoun Alazab, Sudeep Tanwar e Neeraj Kumar: *Iot vulnerability assessment for sustainable computing: Threats, current solutions, and open challenges*. *IEEE Access*, 8:168825–168853, 2020. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3022842>. 21
- [40] Pinheiro, Patricia: *Proteção de Dados Pessoais: Comentários a Lei 13.709/2018 (LGPD)*, volume 1. Saraiva, 8553605280, 2020. 21
- [41] Lin, Jerry Chun-Wei e Kuo-Hui Yeh: *Security and privacy techniques in iot environment*. *Sensors*, 21(1):1, 2021. <https://doi.org/10.3390/s21010001>. 21
- [42] Lim, Tek-Yong, Fang-Fang Chua e Bushra Binti Tajuddin: *Elicitation techniques for internet of things applications requirements: A systematic review*. Em *Proceedings of the VII International Conference on Network, Communication and Computing, ICNCC 2018, Taipei City, Taiwan, December 14-16, 2018*, páginas 182–188. ACM, 2018. <https://doi.org/10.1145/3301326.3301360>. 21
- [43] Reggio, Gianna: *A uml-based proposal for iot system requirements specification*. Em *Proceedings of the 10th international workshop on modelling in software engineering*, páginas 9–16, 2018. 24, 25, 55, 75
- [44] Ferraris, Davide e Carmen Fernandez-Gago: *Trustapis: a trust requirements elicitation method for iot*. *International Journal of Information Security*, 19(1):111–127, 2020. 25, 26, 55, 75
- [45] Sousa, Amanda Oliveira de, Anderson G. Uchôa, Eduardo Fernandes, Carla I. M. Bezerra, José Maria Monteiro e Rossana M. C. Andrade: *REM4DSPL: A requirements engineering method for dynamic software product lines*. Em Albuquerque,

- Adriano Bessa e Ana Luiza Bessa de Paula Barros (editores): *Proceedings of the XVIII Brazilian Symposium on Software Quality, SBQS 2019, Fortaleza, Brazil, October 28 - November 1, 2019*, páginas 129–138. ACM, 2019. <https://doi.org/10.1145/3364641.3364656>. 26, 55, 75
- [46] Costa, Bruno, Paulo F Pires e Flávia C Delicato: *Modeling iot applications with sysml4iot*. Em *2016 42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, páginas 157–164. IEEE, 2016. 27, 55, 75
- [47] Costa, Bruno, Paulo F Pires e Flávia C Delicato: *Specifying functional requirements and qos parameters for iot systems*. Em *2017 IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress (DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech)*, páginas 407–414. IEEE, 2017. 28, 55, 75
- [48] Bernsteiner, Reinhard e Stephan Schlögl: *Design science and thinklets as a holistic approach to design iot/ios systems*. Em Uden, Lorna, Wei Lu e I-Hsien Ting (editores): *Knowledge Management in Organizations - 12th International Conference, KMO 2017, Beijing, China, August 21-24, 2017, Proceedings*, volume 731 de *Communications in Computer and Information Science*, páginas 520–533. Springer, 2017. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-62698-7\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-319-62698-7_43). 28, 29, 30, 32, 56, 75
- [49] Deng, Qi e Shaobo Ji: *A review of design science research in information systems: Concept, process, outcome, and evaluation*. *Pac. Asia J. Assoc. Inf. Syst.*, 10(1):2, 2018. <https://aisel.aisnet.org/pajais/vol10/iss1/2>. 29
- [50] Apiola, Mikko e Erkki Sutinen: *Design science research for learning software engineering and computational thinking: Four cases*. *Comput. Appl. Eng. Educ.*, 29(1):83–101, 2021. <https://doi.org/10.1002/cae.22291>. 29
- [51] Kolfschoten, Gwendolyn L. e Gert-Jan de Vreede: *A design approach for collaboration processes: A multimethod design science study in collaboration engineering*. *J. Manag. Inf. Syst.*, 26(1):225–256, 2009. <http://www.jmis-web.org/articles/552>. 29
- [52] Kaleem, S., S. Ahmed, F. Ullah, M. Babar, N. Sheeraz e F. Hadi: *An improved re framewrok for iot-oriented smart applications using inetgrated approach*. Em *2019 International Conference on Advances in the Emerging Computing Technologies (AECT)*, páginas 1–6, 2020. 32, 56, 75
- [53] Caldiera, Victor R Basili Gianluigi e H Dieter Rombach: *The goal question metric approach*. *Encyclopedia of software engineering*, páginas 528–532, 1994. 32
- [54] Baxter, G. e I. Sommerville: *Socio-technical systems: From design methods to systems engineering*. *Interacting with Computers*, 23(1):4–17, 2011. 32
- [55] Jensen, Jeff C., Danica H. Chang e Edward A. Lee: *A model-based design methodology for cyber-physical systems*. Em *Proceedings of the 7th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2011, Istanbul, Turkey*,



- 4-8 July, 2011, páginas 1666–1671. IEEE, 2011. <https://doi.org/10.1109/IWCMC.2011.5982785>. 32
- [56] Dantas, Douglas Lima, Lucia Vilela Leite Filgueiras, Anarosa Alves Franco Brandão, Maria Cristina Machado Domingues e Maria Rosilene Ferreira: *Detecting iot applications opportunities and requirements elicitation: A design thinking based approach*. Em *International Conference on Human-Computer Interaction*, páginas 85–100. Springer, 2020. 33, 34, 56, 75
- [57] Motta, Rebeca C.: *An evidence-based framework for supporting the engineering of iot software systems*. SIGSOFT Softw. Eng. Notes, 44(3):22–23, novembro 2019, ISSN 0163-5948. <https://doi-org.ez54.periodicos.capes.gov.br/10.1145/3356773.3356795>. 34, 56, 75
- [58] Mahalank, Shubham N, Keertikumar B Malagund e RM Banakar: *Non functional requirement analysis in iot based smart traffic management system*. Em *2016 International Conference on Computing Communication Control and automation (IC-CUBE)*, páginas 1–6. IEEE, 2016. 36, 56, 72, 75
- [59] Yamakami, Toshihiko: *Horizontal requirement engineering in integration of multiple iot use cases of city platform as a service*. Em *2017 IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT)*, páginas 292–296. IEEE, 2017. 36, 37, 57, 72, 75, 76
- [60] Touzani, Mounir e Christophe Ponsard: *Towards modelling and analysis of spatial and temporal requirements*. Em *2016 IEEE 24th International Requirements Engineering Conference (RE)*, páginas 389–394. IEEE, 2016. 37, 38, 57, 75
- [61] Silva, Danyllo, Bruno Pedraça de Souza, Taisa Guidini Gonçalves e Guilherme Horta Travassos: *Uma tecnologia para apoiar a engenharia de requisitos de sistemas de software iot*. Em Ayala, Claudia P., Leonardo Murta, Daniela Soares Cruzes, Eduardo Figueiredo, Carla Silva, Jose Luis de la Vara, Breno de França, Martín Solari, Guilherme Horta Travassos e Ivan Machado (editores): *Proceedings of the XXIII Iberoamerican Conference on Software Engineering, CIbSE 2020, Curitiba, Paraná, Brazil, November 9-13, 2020*, páginas 342–355. Curran Associates, 2020. 38, 39, 57, 75
- [62] Garavel, Hubert, Frédéric Lang e Wendelin Serwe: *From lotos to lnt*. Em *ModelEd, TestEd, TrustEd*, páginas 3–26. Springer, 2017. 40
- [63] Takeda, Ayumi e Yosuke Hatakeyama: *Conversion method for user experience design information and software requirement specification*. Em *International Conference of Design, User Experience, and Usability*, páginas 356–364. Springer, 2016. 41, 57, 75
- [64] Curumsing, Maheswaree Kissoon, Niroshinie Fernando, Mohamed Abdelrazek, Rajesh Vasa, Kon Mouzakis e John Grundy: *Emotion-oriented requirements engineering: A case study in developing a smart home system for the elderly*. *Journal of Systems and Software*, 147:215–229, 2019, ISSN 0164-1212. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121218301341>. 44, 45, 46, 58, 72, 75, 76

- [65] Tekinerdoğan, Bedir, Eray Tüzün e G Giray: *Iot system development methods*. Em *Internet of things challenges, advances, and applications*, páginas 141–159. Chapman & Hall/CRC Press, 2018. 47, 49, 58, 75
- [66] Licorish, Sherlock A., Johannes Holvitie, Sami Hyrynsalmi, Ville Leppänen, Rodrigo O. Spínola, Thiago Souto Mendes, Stephen G. MacDonell e Jim Buchan: *Adoption and suitability of software development methods and practices*. CoRR, abs/2103.10653, 2021. <https://arxiv.org/abs/2103.10653>. 47
- [67] Slama, Dirk, Frank Puhmann, Jim Morrish e Rishi M Bhatnagar: *Enterprise IoT: Strategies and Best practices for connected products and services*. " O'Reilly Media, Inc.", 2015. 48
- [68] Patel, Pankesh e Damien Cassou: *Enabling high-level application development for the internet of things*. J. Syst. Softw., 103:62–84, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2015.01.027>. 50, 51
- [69] Soukaras, Dimitris, Pankesh Patel, Hui Song e Sanjay Chaudhary: *Iotsuite: a tool-suite for prototyping internet of things applications*. Em *The 4th International Workshop on Computing and Networking for Internet of Things (ComNet-IoT), co-located with 16th International Conference on Distributed Computing and Networking (ICDCN)*, página 6, 2015. 50
- [70] Zambonelli, Franco: *Towards a general software engineering methodology for the internet of things*. arXiv preprint arXiv:1601.05569, 2016. 52
- [71] Farahani, Bahar, Farshad Firouzi e Krishnendu Chakrabarty: *Healthcare iot*. Em *Intelligent Internet of Things*, páginas 515–545. Springer, 2020. 53
- [72] Laplante, Nancy L, Phillip A Laplante e Jeffrey M Voas: *Stakeholder identification and use case representation for internet-of-things applications in healthcare*. IEEE systems journal, 12(2):1589–1597, 2016. 53, 58, 75
- [73] Hamdi, Mohamed Salah, Adnane Ghannem, Pericles Loucopoulos, Evangelia Kavakli e Hany H. Ammar: *Intelligent parking management by means of capability oriented requirements engineering*. Em Wotawa, Franz, Gerhard Friedrich, Ingo Pill, Roxane Koitz-Hristov e Moonis Ali (editores): *Advances and Trends in Artificial Intelligence. From Theory to Practice - 32nd International Conference on Industrial, Engineering and Other Applications of Applied Intelligent Systems, IEA/AIE 2019, Graz, Austria, July 9-11, 2019, Proceedings*, volume 11606 de *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 158–172. Springer, 2019. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22999-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22999-3_15). 53, 58, 75
- [74] Souza, Bruno Pedraça de, Rebeca Campos Motta, Daniella de O. Costa e Guilherme H. Travassos: *An iot-based scenario description inspection technique*. Em Albuquerque, Adriano Bessa e Ana Luiza Bessa de Paula Barros (editores): *Proceedings of the XVIII Brazilian Symposium on Software Quality, SBQS 2019, Fortaleza, Brazil, October 28 - November 1, 2019*, páginas 20–29. ACM, 2019. <https://doi.org/10.1145/3364641.3364644>. 62

- [75] Cartaxo, Bruno, Gustavo Pinto e Sérgio Soares: *The role of rapid reviews in supporting decision-making in software engineering practice*. Em Rainer, Austen, Stephen G. MacDonell e Jacky W. Keung (editores): *Proceedings of the 22nd International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, EASE2018, Christchurch, New Zealand, June 28-29, 2018*, páginas 24–34. ACM, 2018. <https://doi.org/10.1145/3210459.3210462>. 63
- [76] Aziz, Muhammad Waqar, Adil Amjad Sheikh e Emad A. Felemban: *Requirement engineering technique for smart spaces*. Em *Proceedings of the International Conference on Internet of Things and Cloud Computing, Cambridge, UK, March 22-23, 2016*, páginas 54:1–54:7. ACM, 2016. <https://doi.org/10.1145/2896387.2896439>. 65, 72, 77
- [77] Motta, Rebeca Campos, Káthia Marçal de Oliveira e Guilherme Travassos: *Iot roadmap: Support for internet of things software systems engineering*. CoRR, abs/2103.04969, 2021. <https://arxiv.org/abs/2103.04969>. 71, 72, 75
- [78] Frain, Ben: *Responsive web design with HTML5 and CSS3*. Packt Publishing Ltd, B087D5FXXG, 2012. 80
- [79] Moreto, Silvio: *Bootstrap 4 By Example*. Packt Publishing Ltd, 1785288873, 2016. 80
- [80] Del Sole, Alessandro: *Visual Studio Code Distilled: Evolved Code Editing for Windows, MacOS, and Linux*. Apress, 1484242238, 2018. 80

# Apêndice A

## Pesquisa sobre processos e técnicas de validação em Internet das Coisas

### Questões

1. E-mail (Obrigatório):
2. Em qual área você atua? (Obrigatório):
  - Engenharia de Requisitos
  - Análise de Requisitos
  - Engenharia de Software
  - Desenvolvimento Front-end
  - Desenvolvimento Back-end
  - Administração de Banco de Dados
  - Gerente de Produto ou Projeto
  - Gerente, Desenvolvedor em R
  - Análise de Qualidade
  - Designer (Designer de Interação, Designer UX) ou Especialista em Interação Humano-Computador
  - Pesquisador
3. Qual a natureza das operações da sua organização? (Obrigatório)
  - Pública
  - Privada
  - Sou autônomo

4. Há quanto tempo você trabalha com desenvolvimento de software? (Obrigatório)
- Menos de um ano
  - Entre 1 a 3 anos
  - Entre 4 a 6 anos
  - Entre 7 a 9 anos
  - Entre 10 a 15 anos
  - Mais de 16 anos
5. Em que fase de desenvolvimento de software você trabalha? (Obrigatório)
- Elicitação de Requisitos
  - Análise de dados
  - Modelagem do sistema
  - Desenvolvimento
  - Testes
  - Manutenção e evolução do software
6. Você ou a empresa onde trabalha utiliza algum processo ou técnica de validação de IoT, cujo artigo foi publicado por pesquisadores? (Obrigatório)
- Sim
  - Não
7. O que você usa para elicitar requisitos envolvendo IoT? (Obrigatório)
- Reunião com as partes interessadas
  - Experiência de usuário
  - Entrevista
  - Brainstorming
  - Casos de Uso
  - Histórias de Usuário
  - Documentação
  - Lista de verificação (checklist)
  - Leis ou regulamentos
  - Não utilizo

- Outros
8. O que você usa para planejar (e validar) os requisitos de um software IoT? (Obrigatório)
- Análise de documentação
  - Casos de uso
  - Cartões
  - Lista de verificação (checklist)
  - Diagramas
  - Prototipação
  - Questionário
  - Entrevista
  - Storyboard
  - Storytelling
  - Não utilizo
  - Outros
9. Você conhece algum processo ou validação de técnica em IoT? (Obrigatório)
- Sim
  - Não
10. Se sim, qual?
11. Você acredita que uma validação de processo ou técnica usando IoT seria importante para uma aplicação? (Obrigatório)
- Sim
  - Não
12. Qual é a sua preocupação com o desenvolvimento de softwares IoT? (envolvendo validação, elicitacão e outras fases da Engenharia de Software). (Obrigatório)
- Privacidade
  - Segurança dos dados
  - Identificação do usuário por RFID
  - Usabilidade

- Possibilidade de haver ambiguidade
- Falha (código, execução e / ou componentes, como sensores e atuadores)
- Precisão
- Questões legais
- Adaptação para usuários finais
- Problemas de geolocalização (internet ruim, fornecimento de energia, ambiente úmido, temperatura e outros)
- Outros

13. Você acha que um guia listando os processos e técnicas ajudaria no desenvolvimento de um sistema IoT?

- Sim
- Não
- Talvez

14. Por qual razão?

15. Você tem sugestões sobre este guia?