

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EDUARDA MAGANHA DE ALMEIDA

UM *FRAMEWORK* PARA AMPARAR A IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS EM  
SISTEMAS IOT USANDO DESIGN SOCIALMENTE CONSCIENTE, REPRESENTAÇÕES  
VISUAIS E REALIDADE ESTENDIDA

CURITIBA

2025

EDUARDA MAGANHA DE ALMEIDA

UM *FRAMEWORK* PARA AMPARAR A IDENTIFICAÇÃO DE REQUISITOS EM  
SISTEMAS IOT USANDO DESIGN SOCIALMENTE CONSCIENTE, REPRESENTAÇÕES  
VISUAIS E REALIDADE ESTENDIDA

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutora em Ciência da Computação no Programa de Pós-Graduação em Informática, Setor de Ciências Exatas, da Universidade Federal do Paraná.

Área de concentração: *Computação*.

Orientador: Prof.<sup>ª</sup> Dr.<sup>ª</sup> Leticia Mara Peres.

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre L'Erario.

CURITIBA

2025

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Almeida, Eduarda Maganha de

Um framework para amparar a identificação de requisitos em sistemas IoT usando design socialmente consciente, representações visuais e realidade estendida. / Eduarda Maganha De Almeida. – Curitiba, 2025.

1 recurso on-line : PDF.

Tese – (Doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Informática.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Leticia Mara Peres

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre L’Erario.

1. Internet das Coisas. 2. Realidade Estendida. 3. Design Socialmente Consciente. I. Universidade Federal do Paraná. II. Programa de Pós-Graduação em Informática. III. Peres, Leticia Mara. IV. L’Erario, Alexandre. V. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585

## TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação INFORMÁTICA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da tese de Doutorado de **EDUARDA MAGANHA DE ALMEIDA**, intitulada: **Um Framework para Amparar a Identificação de Requisitos em Sistemas IoT usando Design Socialmente Consciente, Representações Visuais e Realidade Estendida**, sob orientação da Profa. Dra. LETICIA MARA PERES, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de doutora está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 26 de Junho de 2025.

Assinatura Eletrônica  
04/07/2025 09:45:26.0  
LETICIA MARA PERES  
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica  
03/07/2025 17:57:50.0  
JOSÉ VALDERLEI DA SILVA  
Avaliador Externo (UNICESUMAR)

Assinatura Eletrônica  
07/07/2025 15:01:04.0  
CLEBER GIMENEZ CORREIA  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ)

Assinatura Eletrônica  
04/07/2025 09:46:51.0  
EDUARDO TODT  
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica  
10/07/2025 03:39:31.0  
ANDRÉ LEME FLEURY  
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)

Assinatura Eletrônica  
04/07/2025 08:39:18.0  
ALEXANDRE L'ERÁRIO  
Coordenador(a) (UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO  
PARANÁ - CAMPUS CORNÉLIO PROCÓPIO)

*Aos meus pais, Edilson e Lúcia.  
Tudo o que sou, é reflexo do que  
aprendi com vocês.*

*"O sucesso é a  
soma de pequenos esforços  
repetidos dia após dia"*

Robert Collier

## AGRADECIMENTOS

Concluir esta tese é um marco que carrega em si não apenas o esforço de anos de estudo, mas também a presença e o apoio de muitas pessoas que caminharam ao meu lado, nas alegrias e nos desafios.

Agradeço primeiramente a Deus, fonte de toda sabedoria, por ter sustentado meus passos, e à Nossa Senhora, por seu manto de proteção e conforto em todos os momentos.

Aos meus pais, Edilson e Lúcia, meus primeiros mestres, minha fortaleza e meu porto seguro. Agradeço, com o coração profundamente emocionado, por tudo o que fizeram e continuam fazendo para que eu pudesse chegar até aqui. Vocês me ensinaram que o valor das conquistas está no caminho trilhado com honestidade, coragem e amor. Se hoje escrevo esta tese, é porque cresci ouvindo palavras de incentivo e sendo sustentada pelo olhar acolhedor de quem acredita no poder da educação. Obrigada, pai e mãe, por nunca medirem esforços para que eu pudesse estudar, crescer e sonhar. Tudo o que sou, devo a vocês.

Ao meu noivo, Rafael, companheiro de todas as horas, que esteve ao meu lado com delicadeza, sensibilidade e respeito em cada passo desta jornada. Obrigada por ser presença firme nos meus dias mais incertos, por me apoiar com generosidade, por compreender, mesmo nos silêncios, o que eu sentia, por segurar minha mão nos momentos de dúvida e celebrar cada pequena conquista como se fosse a própria.

Aos meus familiares, que estiveram presentes em todos os momentos desta trajetória. Em especial, à minha tia e madrinha Luiza, que sempre faz questão de lembrar com alegria que a sobrinha será doutora, deixo meu carinho e gratidão por seu apoio e incentivo constante. E também agradeço ao meu avô Edson (*in memoriam*), que certamente estaria muito orgulhoso desta conquista.

À minha orientadora, Profa. Dra. Leticia M. Peres, por sua sabedoria generosa, escuta atenta e orientações que me fizeram crescer como pesquisadora e como pessoa. Sua condução sensível e comprometida foi essencial para que esta tese ganhasse forma com significado e profundidade.

Ao meu coorientador, Prof.Dr. Alexandre L'Erário, pela clareza técnica, pelas contribuições valiosas e por me instigar ao rigor e à excelência em cada etapa. Seu olhar preciso e incentivo constante enriqueceram imensamente este trabalho.

Aos colegas do Laboratório Fundamentos e Aplicações em Engenharia de Software (Lab FAES- UFPR): Flavia e Luis, pela parceria, pelos diálogos que ampliaram ideias e pela amizade que tornou o processo mais leve e inspirador.

Aos professores que marcaram minha trajetória acadêmica com saber, ética e generosidade, cito os professores Cléber Gimenez, Roberto Pereira, Eduardo Todt e Eduardo F. Damasceno, pelas contribuições técnicas sempre bem-vindas e inspiradoras. Agradeço também a tantos outros docentes do Programa de Pós-Graduação em Informática da UFPR e da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR – Campus Cornélio Procópio), que, com seus ensinamentos, deixaram marcas significativas na minha formação.

Aos servidores do Programa de Pós-Graduação em Informática por todas as ajudas ao longo desses anos. E a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento desta pesquisa, professores, colegas, participantes, colaboradores, meu sincero agradecimento. Cada gesto, cada palavra e cada apoio foi parte essencial desta caminhada.

Esta tese é o reflexo de muitos encontros, sonhos partilhados e mãos estendidas.

## RESUMO

O avanço da Internet das Coisas (IoT) tem impulsionado o desenvolvimento de sistemas distribuídos e conectados em tempo real. IoT apresenta características específicas em sua configuração, sendo que unidades como sensores, fontes de energia e processadores são fundamentais para a interação entre os objetos. A diversidade de dispositivos e a necessidade de considerar aspectos sociais e culturais tornam o processo de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT especialmente desafiador. Além disso, as diferentes percepções dos envolvidos podem gerar requisitos inconsistentes e ambíguos. Observa-se, nesse contexto, uma carência de *frameworks* que integrem abordagens participativas, representações visuais e tecnologias imersivas para apoiar esse processo. Diante desse cenário, esta tese tem como objetivo propor, desenvolver e avaliar um *framework* para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT, integrando abordagens do Design Socialmente Consciente (DSC), técnicas visuais como Histórias em Quadrinhos (HQs), modelagens com diagramas UML com estereótipos do perfil Marte e ambientes de Realidade Estendida (RE). Para isso, foram realizados dois estudos de viabilidade e um experimento. Os estudos de viabilidade tiveram como objetivo explorar, de forma separada, a aplicação das etapas de concepção e modelagem do *framework*. O primeiro estudo concentrou-se na concepção participativa de requisitos, utilizando o DSC. O segundo investigou o uso de HQs como recurso de modelagem visual dos requisitos de sistemas IoT. Em seguida, foi conduzido um experimento para a execução de todas as etapas do *framework*, a concepção, modelagem e visualização, com base em um problema comum. Os participantes utilizaram os materiais de apoio desenvolvidos, como o manual, biblioteca de ilustrações e flashcards, para a construção de requisitos de IoT. Os resultados apontaram que o *framework* é aplicável em contextos educacionais, permitindo que participantes com diferentes níveis de conhecimento consigam compreender, contribuir e visualizar requisitos de forma clara e colaborativa. A concepção com DSC possibilitou a reflexão sobre problemas reais e valores sociais; a modelagem com HQs favoreceu a organização do pensamento e a comunicação; os diagramas UML com perfil Marte consolidaram a formalização técnica; e a visualização com RE ampliou a validação dos requisitos por meio da imersão e interatividade. Assim, esta tese apresenta uma contribuição relevante ao propor uma estrutura replicável e adaptável para o desenvolvimento de requisitos em sistemas IoT.

Palavras-chave: Internet das Coisas; Design Socialmente Consciente; Requisitos; Realidade Estendida.

## ABSTRACT

The advancement of the Internet of Things (IoT) has driven the development of distributed and real-time connected systems. IoT presents specific characteristics in its configuration, with components such as sensors, power sources, and processors being essential for object interaction. The diversity of devices and the need to consider social and cultural aspects make the process of designing, modeling, and visualizing requirements for IoT systems particularly challenging. Moreover, the different perspectives of those involved may lead to inconsistent and ambiguous requirements. In this context, there is a lack of frameworks that integrate participatory approaches, visual representations, and immersive technologies to support this process. In light of this scenario, this thesis aims to propose, develop, and evaluate a framework to support the design, modeling, and visualization of requirements in IoT systems, integrating approaches from Socially Conscious Design (SAwD), visual techniques such as comic strips, modeling with UML diagrams using the Marte profile stereotypes, and Extended Reality (XR) environments. To achieve this, two feasibility studies and one experiment were conducted. The feasibility studies aimed to separately explore the application of the framework's design and modeling phases. The first study focused on the participatory design of requirements using SAwD. The second investigated the use of comic strips as a visual modeling resource for IoT system requirements. Next, an experiment was conducted to execute all stages of the framework — design, modeling, and visualization — based on a common problem. Participants used the support materials developed, such as the manual, illustration library, and flashcards, to construct IoT requirements. The results indicated that the framework is applicable in educational contexts, enabling participants with different levels of knowledge to understand, contribute to, and clearly and collaboratively visualize requirements. The design with SAwD enabled reflection on real-world problems and social values; modeling with comic strips supported the organization of thought and communication; UML diagrams with the Marte profile consolidated technical formalization; and visualization with XR enhanced requirements validation through immersion and interactivity. Thus, this thesis presents a relevant contribution by proposing a replicable and adaptable structure for requirements development in IoT systems.

Keywords: Internet of Things; Socially Aware Design; Requirements; Extended Reality.

## LISTA DE FIGURAS

1.1	Visão Geral da Pesquisa conforme o Paradigma Design da Ciência . . . . .	18
2.1	Tecnologias complementares para IoT . . . . .	23
2.2	Alguns Elementos de IoT . . . . .	23
2.3	Processo de ER para Sistemas IoT . . . . .	25
2.4	Cebola Semiótica . . . . .	27
2.5	Escada Semiótica . . . . .	28
2.6	Modelo de Arquitetura do Perfil Marte . . . . .	32
2.7	Seleção dos estudos . . . . .	40
2.8	Fluxo de seleção dos estudos retornados . . . . .	45
3.1	Visão Geral do <i>framework</i> . . . . .	50
3.2	Exemplo de uma carta de Pré-Requisitos do <i>flashcard</i> . . . . .	53
3.3	Exemplo de uma carta do DSC do <i>flashcard</i> . . . . .	54
3.4	Exemplo de uma carta de Modelagem do <i>flashcard</i> . . . . .	54
3.5	Exemplo de uma carta de Visualização do <i>flashcard</i> . . . . .	55
3.6	Biblioteca de Ilustrações . . . . .	55
3.7	Diagrama de Atividades do <i>framework</i> . . . . .	57
3.8	Etapa de Concepção de Requisitos . . . . .	58
3.9	Etapa de Modelagem de Requisitos . . . . .	60
3.10	Etapa de Visualização de Requisitos . . . . .	62
4.1	Estudos de Viabilidade . . . . .	66
4.2	Diagrama das Partes Interessadas - Estudo de Viabilidade 1 . . . . .	69
4.3	Torta de Valores - Estudo de Viabilidade 1 . . . . .	69
4.4	Estrutura de Atividades dos Estudos. Fonte: Baseado em [Ferrari et al., 2019] . .	71
4.5	Participantes do Estudo de Viabilidade 2 . . . . .	72
4.6	HQs geradas no Estudo de Viabilidade 2 . . . . .	73
4.7	Continuação - HQs geradas no Estudo de Viabilidade 2 . . . . .	73
4.8	Continuação - HQs geradas no Estudo de Viabilidade 2 . . . . .	74
4.9	DPI gerado no Estudo de Viabilidade 2. . . . .	74
4.10	Etapas do Experimento . . . . .	78
4.11	Participantes do Experimento. . . . .	79
4.12	Quadro de Informações Gerado na etapa de Concepção . . . . .	82
4.13	Notas Adesivas Coloridas como Ferramenta Visual . . . . .	83

4.14	Diagrama das Partes Interessadas gerado no Experimento . . . . .	83
4.15	Exemplo 1 de História em Quadrinho . . . . .	84
4.16	Exemplo 2 de Histórias em Quadrinhos . . . . .	85
4.17	Exemplo 1 de UML e Marte . . . . .	87
4.18	Exemplo 2 de UML . . . . .	88
4.19	Exemplo 1 da Visualização com RE . . . . .	89
4.20	Exemplo 2 da Visualização com RE . . . . .	89
4.21	Resultado do Bloco A - Clareza do <i>framework</i> . . . . .	91
4.22	Resultado do Bloco B - Materiais de Apoio . . . . .	91
4.23	Resultado do Bloco C - Experiência com Modelagem . . . . .	92
4.24	Resultado do Bloco D - Visualização e Percepção Geral. . . . .	92
E.1	Cenário Proposto para o Experimento . . . . .	259

## LISTA DE TABELAS

1.1	Problemas identificados em cada etapa da identificação de requisitos para sistemas IoT. . . . .	17
2.1	Comparativo entre as Realidades virtuais e aumentada. . . . .	35
2.2	Plataformas de Visualização . . . . .	35
2.3	Resultado Final dos Estudos - IoT . . . . .	42
2.4	Resultado Final dos Estudos - DSC. . . . .	45
2.5	Análise dos protótipos . . . . .	47
4.1	Objetivos do Experimento Estruturado com GQM. . . . .	77

## LISTA DE ACRÔNIMOS

BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
DA	<i>Design for All</i>
DSC	Design Socialmente Consciente
ER	Engenharia de Requisitos
ES	Engenharia de Software
GQM	<i>Goal Question Metric</i>
HQ	História em Quadrinhos
IoT	<i>Internet of Things</i>
Lab FAES	Laboratório de Fundamentos e Aplicações em Engenharia de Software
LEDs	<i>Light Emitting Diode</i>
MSL	Mapeamento Sistemático da Literatura
MVP	<i>Model View Controller</i>
PNG	<i>Portable Network Graphics</i>
RA	Realidade Aumentada
RE	Realidade Estendida
RM	Realidade Mista
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RV	Realidade Virtual
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TICs	Tecnologias da Informação e Comunicação
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UFPR	Universidade Federal do Paraná
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
XRI	<i>Extended Reality and the Internet of Things</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>15</b>
1.1	PROBLEMA	16
1.2	MOTIVAÇÃO.	17
1.3	OBJETIVOS	17
1.4	METODOLOGIA.	18
1.5	CONTRIBUIÇÕES	20
1.6	ESTRUTURA DA TESE	21
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.</b>	<b>22</b>
2.1	IOT	22
2.1.1	IoT e Requisitos	24
2.1.2	Trabalhos Relacionados	24
2.2	CONCEPÇÃO DE REQUISITOS	26
2.2.1	Design Socialmente Consciente	26
2.2.2	<i>Brainstorming</i>	29
2.2.3	Materiais de Apoio	29
2.2.4	Trabalhos Relacionados	30
2.3	MODELAGEM DE REQUISITOS.	31
2.3.1	Histórias em Quadrinhos	31
2.3.2	UML e Marte	31
2.3.3	Trabalhos Relacionados	32
2.4	VISUALIZAÇÃO DE REQUISITOS.	34
2.4.1	Realidade Estendida.	34
2.4.2	Trabalhos Relacionados	36
2.5	MAPEAMENTOS SISTEMÁTICOS DA LITERATURA	38
2.5.1	Especificação de Requisitos para Sistemas IoT	39
2.5.2	Uso do Design Socialmente Consciente no Desenvolvimento de Sistemas	43
2.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	48
<b>3</b>	<b>O FRAMEWORK</b>	<b>50</b>
3.1	VISÃO GERAL	50
3.2	MATERIAIS	51
3.2.1	O Manual	52
3.2.2	Os <i>Flashcards</i>	52
3.2.3	Biblioteca de Ilustrações	54

3.3	ETAPAS. . . . .	56
3.3.1	Concepção de Requisitos . . . . .	56
3.3.2	Modelagem de Requisitos. . . . .	59
3.3.3	Visualização de Requisitos . . . . .	61
3.4	AMEAÇAS À VALIDADE . . . . .	63
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO. . . . .	64
<b>4</b>	<b>AVALIAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i> . . . . .</b>	<b>65</b>
4.1	METODOLOGIA. . . . .	65
4.2	ESTUDO DE VIABILIDADE 1: CONCEPÇÃO DE REQUISITOS . . . . .	66
4.2.1	Preparação do Estudo 1 . . . . .	66
4.2.2	Execução do Estudo 1. . . . .	67
4.2.3	Resultados do Estudo 1 . . . . .	68
4.2.4	Discussão do Estudo 1 . . . . .	69
4.2.5	Ameaças à Validade do Estudo 1 . . . . .	70
4.3	ESTUDO DE VIABILIDADE 2: MODELAGEM DE REQUISITOS. . . . .	70
4.3.1	Preparação do Estudo 2 . . . . .	71
4.3.2	Execução do Estudo 2. . . . .	71
4.3.3	Resultados do Estudo 2 . . . . .	74
4.3.4	Discussão do Estudo 2 . . . . .	75
4.3.5	Ameaças à Validade do Estudo 2 . . . . .	76
4.4	EXPERIMENTO . . . . .	76
4.4.1	Preparação do Experimento. . . . .	77
4.4.2	Execução do Experimento . . . . .	79
4.4.3	Resultados do Experimento. . . . .	81
4.4.4	Discussão do Experimento . . . . .	93
4.4.5	Ameaças à Validade do Experimento. . . . .	94
4.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO. . . . .	95
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS . . . . .</b>	<b>97</b>
5.1	TRABALHOS FUTUROS . . . . .	98
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>100</b>
	<b>APÊNDICE A – USO DE DESIGN SOCIALMENTE CONSCIENTE PARA APOIAR O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS: UM MAPEA- MENTO SISTEMÁTICO . . . . .</b>	<b>109</b>
	<b>APÊNDICE B – MATERIAIS DE APOIO E COMPLEMENTARES. . . . .</b>	<b>136</b>
B.1	O MANUAL DO <i>FRAMEWORK</i> . . . . .	136
B.2	COMO USAR O <i>FRAMEWORK</i> . . . . .	158
B.3	OS <i>FLASHCARDS</i> . . . . .	161

	<b>APÊNDICE C – PARECER: COMITÊ DE ÉTICA . . . . .</b>	<b>230</b>
	<b>APÊNDICE D – ESTUDOS DE VIABILIDADE . . . . .</b>	<b>240</b>
D.1	ESTUDO DE VIABILIDADE 1: CONCEPÇÃO DE REQUISITOS . . . . .	240
D.2	ESTUDO DE VIABILIDADE 2: MODELAGEM DE REQUISITOS. . . . .	250
	<b>APÊNDICE E – MATERIAIS DO EXPERIMENTO. . . . .</b>	<b>257</b>
E.1	TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO . . . . .	257
E.2	CENÁRIO DO EXPERIMENTO. . . . .	259
E.3	QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i> . . . . .	260

## 1 INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*) consiste em uma rede de objetos físicos interconectados, dotados de sensores, atuadores e tecnologias de comunicação, capazes de coletar, transmitir e processar dados de forma autônoma, integrando-se a outros dispositivos e sistemas por meio da internet [Rahman et al., 2022].

A IoT ganhou espaço além dos ambientes produtivos, como indústrias e escritórios e passou a se inserir em todos os aspectos da vida das pessoas, seja em instituições de ensino, residências e/ou lazer, por meio de diferentes dispositivos e formas de acesso tem ampliado seu alcance em todo o mundo [Pereira et al., 2013].

No desenvolvimento de sistemas de IoT, a elicitação de requisitos é fundamental [Souza et al., 2025]. No entanto, desafios como heterogeneidade, interoperabilidade, escalabilidade e volatilidade de requisitos exigem novas abordagens ou a adaptação de técnicas tradicionais [Souza et al., 2025]. Suas características e sua grande quantidade de elementos e características de tempo real tendem a aumentar a complexidade de desenvolvimento, pois as diferentes percepções dos envolvidos e o uso distintos de recursos computacionais podem tornar os requisitos inconsistentes [Sommerville et al., 2011] e acarretar ambiguidades no seu desenvolvimento [Weyrich e Ebert, 2015].

Ao elicitar requisitos para sistemas de IoT, é necessário considerar que, além do software, esses sistemas também abrangem componentes de hardware (como sensores e atuadores), juntamente com mecanismos de comunicação para permitir a interação entre o hardware e a Internet [Siakas et al., 2024]. Além disso, há falta de padrões, modelos e/ou *frameworks*<sup>1</sup> que possam amparar a concepção de requisitos, modelagem, visualização e outras particularidades [Reggio, 2018].

Nesse contexto, profissionais e pesquisadores têm proposto ou adaptado métodos tradicionais para aprimorar a projeção de sistemas de IoT e garantir a qualidade dos requisitos [Souza et al., 2025]. Considerando as peculiaridades desses sistemas, eles empregam abordagens, métodos, técnicas e ferramentas. Alguns exemplos incluem IoTReq [Reggio, 2018], TrUStAPIS [Ferraris e Fernandez-Gago, 2020], IoT-RML [Costa et al., 2017] e RETIoT [Da Silva et al., 2020]. Entretanto, a implementação dessas soluções frequentemente enfrenta desafios relacionados à complexidade tecnológica e à escassez de mão de obra qualificada em IoT, o que pode comprometer sua adoção [Souza, 2023].

Diante dessas lacunas, esta tese propõe a definição e o desenvolvimento de um *framework* integrado que apoie, de forma acessível e contextualizada, a identificação de requisitos de IoT nas etapas de concepção, modelagem e visualização.

A concepção de requisitos para sistemas IoT deve estabelecer um tratamento comum entre as partes interessadas envolvidas, promovendo um entendimento compartilhado sobre aspectos críticos desses sistemas, como segurança, desempenho e entidades dinâmicas [Ossada e Martins, 2010]. Nesse sentido, o uso de abordagens participativas, como o Design Socialmente Consciente (DSC), se mostra promissor ao oferecer atividades estruturadas, para promover a reflexão coletiva e a identificação de requisitos sociotécnicos de forma colaborativa.

A representação visual dos requisitos pode ser significativamente aprimorada por meio de estratégias de modelagem. A utilização de Histórias em Quadrinhos (HQs), por exemplo, permite

---

<sup>1</sup>Um *framework* é definido pelos autores [Gamma et al., 1995], como um conjunto de objetos que colaboram com o objetivo de atender a um conjunto de responsabilidades para uma aplicação específica ou um domínio de aplicação, ou seja é uma arquitetura com a finalidade de atingir a reutilização para distintos projetos e sistemas

a externalização das ideias de forma narrativa, facilitando a comunicação entre participantes com diferentes níveis de conhecimento técnico. Em paralelo, diagramas UML (do inglês *Unified Modeling Language*, em português, Linguagem de Modelagem Unificada) e a extensão Marte (do inglês, *Modeling and Analysis of Real-Time and Embedded systems*, traduzido, Modelagem e Análise de Sistemas Embarcados e em Tempo Real) podem ser empregados para formalizar os requisitos em representações técnicas estruturadas, promovendo a rastreabilidade e a compreensão sistemática das funcionalidades esperadas [SIQUEIRA et al., 2023].

Para a etapa de visualização de requisitos, a adoção da tecnologia de Realidade Estendida ((RE), do inglês *Extend Reality (XR)*), potencializa o entendimento sobre o comportamento esperado do sistema, favorecendo a identificação de inconsistências e conflitos entre as partes interessadas. Além disso, a visualização imersiva amplia a empatia dos envolvidos e valida, de forma precoce e interativa, os elementos levantados e modelados [Han e Leite, 2022].

Para apoiar a execução de cada etapa, este trabalho aponta que o uso de materiais complementares, como o manual do *framework*, uma biblioteca de ilustrações e um conjunto de *flashcards*, potencializam a orientação das atividades, o fornecimento de exemplos e a utilização de representações visuais, para auxiliar as partes interessadas ao longo de toda a aplicação.

As etapas propostas neste trabalho, concepção, modelagem e visualização, podem ser utilizadas de maneira sequencial, formando um processo completo de apoio, ou de forma independente, a depender dos objetivos do projeto ou das necessidades específicas do contexto de cada aplicação. Embora o *framework* proposto seja com foco acadêmico, sua estrutura modular, aliada à simplicidade dos materiais de apoio, também evidencia potencial de aplicação em contextos industriais. A flexibilidade na adoção das etapas e a ênfase na participação de múltiplos perfis de usuários contribuem para sua adaptação em diferentes cenários de desenvolvimento, inclusive em ambientes produtivos que demandam metodologias colaborativas e acessíveis.

Com base nesse contexto, as próximas subseções apresentamos seguintes tópicos: o problema abordado nesta tese (Subseção 1.1), a motivação que direciona esta tese (Subseção 1.2), os objetivos propostos (Subseção 1.3), o método de pesquisa utilizado (Subseção 1.4), as principais contribuições desta tese (Subseção 1.5) e, por fim, a organização dos demais capítulos deste documento (Subseção 1.6).

## 1.1 PROBLEMA

A Internet das Coisas vem transformando a forma como interagimos com o mundo físico, ao conectar sensores, atuadores, redes e aplicações em um ecossistema digital distribuído e em constante expansão [Da Silva et al., 2020]. Mas há ameaças, a literatura indica que há ausência de um processo metodológico integrado para auxiliar a identificação de requisitos em sistemas IoT.

Na concepção de requisitos, há inconsistências em sua elicitação e conseqüentemente acarreta ambigüidades no desenvolvimento de sistemas [Weyrich e Ebert, 2015]. Na modelagem, ainda que existam notações formais, como UML, demanda de conhecimento prévio e poucos dialogam com abordagens narrativas ou visuais acessíveis a participantes não técnicos, limitando a participação efetiva de todos os envolvidos [Reggio, 2018, SIQUEIRA et al., 2023].

A visualização dos requisitos, métodos de prototipação raramente exploram recursos imersivos, como a Realidade Estendida, capazes de antecipar conflitos entre requisitos e implementação, comprometendo a rastreabilidade e o entendimento mútuo [Han e Leite, 2022].

Assim, há a necessidade de um conjunto de atividades para auxiliar as etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas de IoT [Nascimento et al., 2024]. O quadro 1.1, apresenta alguns problemas identificados nas respectivas etapas.

Quadro 1.1: Problemas identificados em cada etapa da identificação de requisitos para sistemas IoT

Etapa	Problemas Identificados na Literatura
<b>Concepção de Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dificuldade de comunicação entre as partes interessadas com perfis distintos, resultando em inconsistências e ambiguidade na elicitacão de requisitos [Weyrich e Ebert, 2015];</li> <li>• Falta de metodologias que promovam o entendimento compartilhado do problema e das necessidades do sistema [Souza et al., 2025].</li> </ul>
<b>Modelagem de Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de ferramentas e notações específicas que considerem as particularidades da IoT, como heterogeneidade e dinamicidade [Nascimento et al., 2024];</li> </ul>
<b>Visualização de Requisitos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recursos imersivos são pouco explorados nos métodos de visualização de requisitos [Han e Leite, 2022].</li> </ul>

O problema de pesquisa desta tese, portanto, concentra-se em **como definir, desenvolver e avaliar um *framework* que integre concepção, modelagem e visualização de requisitos, de modo a mitigar inconsistências e aumentar a participação das partes interessadas na identificação de requisitos em sistemas IoT?**

## 1.2 MOTIVAÇÃO

A motivação para este trabalho surge da constataçã de que as etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT exigem estratégias que favoreçam o envolvimento ativo das partes interessadas na identificação dos requisitos [Becherer et al., 2024].

Nesse sentido, técnicas participativas como as atividades do DSC, o uso de representações visuais, como Histórias em Quadrinhos e modelagem por meio de diagramas UML e sua extensão Marte, complementa esse processo e, a aplicaçã de tecnologias virtuais, como a Realidade Estendida, mostram-se promissoras para apoiar a elicitacão, modelagem e visualização dos requisitos para sistemas IoT.

Diante desse cenário, justifica-se a proposta de um *framework* que integre essas abordagens para apoiar as etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT. Espera-se que a estrutura contribua para promover clareza, ampliar a participaçã dos envolvidos, e fornecer uma base para o desenvolvimento de soluções alinhadas às necessidades dos usuários.

## 1.3 OBJETIVOS

A partir do contexto apresentado, esta seçã apresenta os objetivos que norteiam a pesquisa, estruturados em um objetivo geral, que sintetiza a finalidade principal do estudo, e objetivos específicos, que detalham os passos necessários para alcançar tal finalidade.

### Objetivo Geral

- Definir e desenvolver um *framework* que auxilie a identificaçã de requisitos em sistemas IoT, nas etapas de concepção, modelagem e visualizaçã.

### Objetivos Específicos

1. Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a concepção de requisitos para sistemas de IoT;

2. Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a modelagem de requisitos para sistemas de IoT;
3. Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a visualização de requisitos para sistemas de IoT;
4. Avaliar a aplicação do *framework*, por meio de um experimento.

#### 1.4 METODOLOGIA

A metodologia de pesquisa deste trabalho baseia-se nos elementos do Design da Ciência, apresentados na Figura 1.1. O Design da Ciência, é um paradigma que apoia a realização de pesquisas aplicadas, a fim de sumarizar, identificar, avaliar e comunicar suas contribuições [Engström et al., 2020].

O Design da Ciência estrutura a pesquisa em três partes distintas: a primeira apresenta a proposta, o contexto em que se aplica e da solução ou intervenção empregada; a segunda parte enfatiza a contribuição da pesquisa, por meio da descrição de uma ou mais instâncias de um par problema-solução, juntamente com os respectivos ciclos de compreensão do problema, concepção da solução e validação; e a terceira parte aponta as expectativas quanto à relevância prática, ao rigor metodológico e à inovação do conhecimento gerado pela pesquisa.

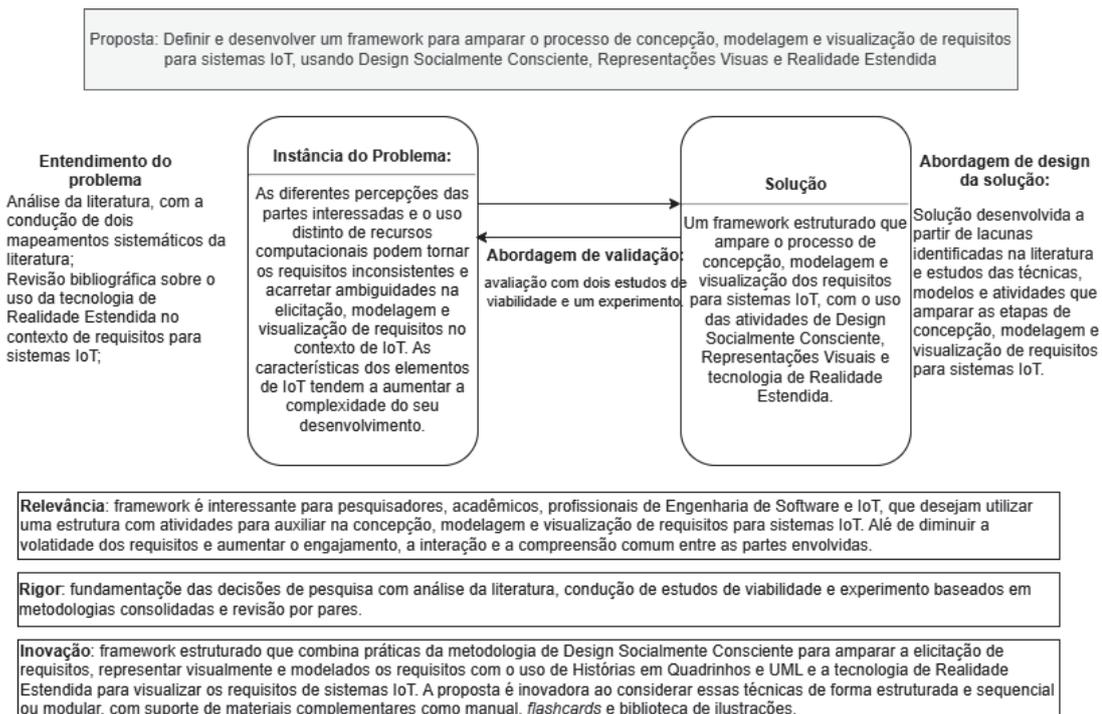


Figura 1.1: Visão Geral da Pesquisa conforme o Paradigma Design da Ciência. Fonte: Adaptado de [Engström et al., 2020]

Conforme indicado na Figura 1.1, a proposta é referente ao objetivo geral 1.3. O entendimento do problema abrange as análises da literatura que aprofundam o embasamento teórico da pesquisa. A instância do problema, são as lacunas identificadas na literatura, como as diferentes percepções dos envolvidos, o uso distintos de recursos computacionais e requisitos específicos de sistemas IoT. A abordagem de design de solução inclui estudos que contribuirão para a definição da abordagem

Diante desses elementos, foi proposta como solução uma abordagem composta de *framework* estruturado em três etapas, a concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT. A abordagem de validação destaca os estudos que avaliam o *framework*. O aspecto de relevância engloba as contribuições esperadas da pesquisa. Na sequência, é indicado o rigor metodológico empregado na pesquisa. A inovação destaca o diferencial da pesquisa em relação aos estudos correlatos identificados na literatura.

A partir desse delineamento, a metodologia de pesquisa se baseia nas seguintes etapas:

**Dois Mapeamentos Sistemáticos da Literatura (MSL):** um MSL foi conduzido para mapear as evidências do DSC no amparo ao desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), e o outro MSL, foi realizado para identificação e especificação de requisitos de sistemas IoT. Estes foram executados para alcançar o objetivo específico 1: **Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a concepção de requisitos para sistemas IoT**. Demais especificações sobre as condutas dos MSLs, estão disponibilizadas no Capítulo 2 Seção 2.5.

**Um estudo de viabilidade referente a concepção de requisitos com as atividades do DSC:** aplicar as atividades de DSC, como o Diagrama de Partes Interessadas, para identificar problemas, partes interessadas e requisitos sociotécnicos em sistemas IoT. Os resultados fornecem um lista inicial de requisitos e evidências sobre a clareza e o engajamento promovidos pela abordagem. Sua preparação, execução, resultados e discussão estão apresentadas no Capítulo 4 Seção 4.2.

**Um estudo de viabilidade referente a modelagem de requisitos para sistemas IoT com HQ:** insere atividades do DSC como a realização de oficinas de design semi participativa, e a utilização de história em quadrinhos para auxiliar a modelagem dos requisitos para sistemas IoT. O estudo foi realizado com o intuito de gerar artefatos para apoiar a modelagem de requisitos, relacionado diretamente com o objetivo específico 2: **Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a modelagem de requisitos para sistemas IoT**. Sua preparação, execução, resultados e discussão estão apresentadas no Capítulo 4 Seção 4.3.

**Levantamento bibliográfico sobre Realidade Estendida e sistemas IoT:** é conduzido para identificar como a RE pode ser empregada na visualização de protótipos de sistemas IoT. Seus resultados estão no Capítulo 2 Seção 2.4.2. Esta atividade está relacionada ao objetivo específico 3: **Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a visualização de requisitos para sistemas IoT**.

**Definição da plataforma virtual de visualização com a tecnologia de Realidade Estendida:** esta etapa busca analisar e propor uma plataforma que utilize a tecnologia de Realidade, para amparar a visualização de requisitos para sistemas IoT. A plataforma deve permitir a criação de cenários virtuais, simulam os requisitos do sistema IoT. As discussões sobre a plataforma de visualização está apresentada no Capítulo 2 Subseção 2.4.1.1.

**Definir e desenvolver um *framework* para amparar no processo de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT:** esta atividade relacionada ao objetivo geral desta pesquisa (Capítulo 1 Subseção 1.3). Essa atividade consiste em criar uma estrutura organizada que oriente como os requisitos de sistemas baseados em IoT devem ser elicitados, desenhados e visualizados. A ideia é oferecer métodos, atividades e ferramentas que ajudem a identificar as necessidades do sistema, transformá-las em representações gráficas e permitir que os envolvidos visualizem os requisitos em um ambiente virtual.

**Avaliar, por meio de um experimento, a aplicabilidade das etapas do *framework*:** esta etapa consiste na execução de um experimento para avaliar a estrutura completa do *framework*. A avaliação consiste em observar se o *framework* facilita a definição de requisitos em projetos IoT, se é compreensível, útil e se contribui para uma comunicação mais clara entre os envolvidos.

Esta atividade está relacionada ao objetivo específico 4: **Avaliar a aplicação do *framework* por meio de um experimento.**

## 1.5 CONTRIBUIÇÕES

São contribuições desta tese:

### **Contribuições Teóricas:**

- Dois Mapeamentos Sistemáticos da Literatura sobre IoT e Requisitos e, Design Socialmente Consciente no desenvolvimento de sistemas;
- Definição de um *framework* para auxiliar nas etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT;
- Revisão bibliográfica sobre o uso de Representações Visuais (Histórias em Quadrinhos, UML e extensão Marte) aplicadas à modelagem de requisitos em sistemas IoT;
- Revisão bibliográfica sobre a visualização de requisitos com a tecnologia Realidade Estendida.

### **Contribuições Metodológicas:**

- Definição de um *framework* estruturado para apoiar as etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT;
- Proposição das atividades do DSC para elicitación e refinamento de requisitos;
- Estruturação de estudos de viabilidade para explorar formas distintas de representação de requisitos, incluindo narrativas visuais e modelagem em UML;
- Condução de um experimento, com planejamento, execução, análise e discussão dos dados coletados.

### **Contribuições Técnicas:**

- Um manual do *framework*, a fim de fornecer um material de apoio estruturado e replicável para orientar profissionais, pesquisadores e estudantes na aplicação prática do modelo;
- *Flashcards* apresentados como uma ferramenta opcional de apoio ao *framework*.
- Uma biblioteca de ilustrações para modelagem visual de requisitos em sistemas IoT, aplicável tanto em HQs quanto na ferramenta de Realidade Estendida;
- Geração de artefatos replicáveis que podem ser aplicados diferentes contextos.

### **Publicações Científicas:**

- Elaboração de um resumo com a proposta inicial do trabalho de doutorado sobre o **Uso de Realidade Estendida para Apoio na Prototipação de Projetos de IoT**. O resumo foi apresentado no Fórum de Programas de Pós-Graduação em Computação do Paraná (ForPPGC-PR 2020);

- Um resumo: **Modelo para Amparar o Desenvolvimento de Protótipos de IoT**. Este apresentado no Fórum de Programas de Pós-Graduação em Computação do Paraná (ForPPGC-PR 2021);
- **Modelo para Amparar o Desenvolvimento de Protótipos de Sistemas IoT** [de Almeida, 2022];
- **An Approach to Use Comic Strips To Support IoT Systems Requirements Engineering** [Almeida et al., 2022];
- **Um *framework* para Amparar o Desenvolvimento de Protótipos de Sistemas IoT**, (V ForPPGC-PR, 2023) [de Almeida et al., ];
- **Socially Aware Design Workshop to Discover Socio-Technical Requirements: Planning, Execution, and Results** [Haddad et al., 2024];
- **Towards Using Socially Aware Design to Support Systems Development: A Systematic Mapping** (em atualização para submissão em periódico);
- **A *framework* to Support the IoT Development Process Using Socially Conscious Design and Extended Reality** (em preparação para submissão em periódico).

## 1.6 ESTRUTURA DA TESE

Além deste capítulo introdutório, a tese está organizada em outros quatro capítulos. O Capítulo 2 apresenta os conceitos teóricos que sustentam esta pesquisa. Além disso, são descritos os Mapeamentos Sistemáticos da Literatura realizados, os quais embasaram a definição do problema e direcionaram a construção do *framework*, com foco nas abordagens relacionadas ao DSC e às práticas de elicitação, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT.

O Capítulo 3 introduz o *framework* proposto, detalhando sua estrutura geral, suas atividades e os materiais de apoio desenvolvidos. No Capítulo 4, são apresentados dois estudos de viabilidade, voltados para a análise isolada das estruturas de concepção e modelagem, bem como um experimento controlado.

Por fim, o Capítulo 5 apresenta as considerações finais da tese, destacando as contribuições teóricas e práticas do trabalho, suas limitações e as possibilidades de continuidade da pesquisa, por meio de trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta a fundamentação teórica que sustenta esta tese, abordando conceitos e métodos essenciais para a compreensão do problema investigado.

Na Seção 2.1 é definida a IoT e as Subseções 2.1.1 e 2.1.2, definem e investigam trabalhos relacionados sobre IoT e Requisitos no desenvolvimento de sistemas. Em seguida, na Seção 2.3 são abordadas algumas técnicas de concepção de requisitos, destacando o Design Socialmente Consciente e o uso do *brainstorming* como ferramenta colaborativa. Além disso, são apresentados os materiais de apoio desenvolvidos para potencializar a aplicação das etapas do *framework*, como o manual de aplicação, *flashcards* e a biblioteca de ilustrações, disponível<sup>1</sup>, que auxiliam a comunicação e a organização das ideias ao longo de todo o processo, desde a concepção até a visualização de requisitos.

Na Seção 2.3, a modelagem de requisitos, com a utilização de Histórias em Quadrinhos e Diagramas UML como abordagens complementares para representar requisitos de forma visual. Além disso, discute-se a viabilidade da integração dessas abordagens para facilitar o entendimento e a comunicação entre os envolvidos.

E no contexto da visualização de requisitos, na Seção 2.4.1, a tecnologia de Realidade Estendida é definida, contextualizada, um relato das plataformas de visualização e uma apresentação de trabalhos relacionados sobre RE e IoT.

### 2.1 IOT

O termo IoT foi mencionado pela primeira vez em 1999, por Kevin Ashton [Ashton et al., 2009], se referia a sistemas inteligentes que são compostos de sensores e dispositivos de hardware embarcados conectados uns aos outros através da Internet [Kaleem et al., 2019]. A IoT foi identificada como uma tecnologia emergente em 2012, se tornou um tema relevante, uma vez que viabiliza como as pessoas podem experimentar e usar a tecnologia em um protótipo, no entanto, existem desafios relacionados à identificação dos requisitos específicos de sistemas IoT [Souza Rodrigues et al., 2020].

A IoT é um paradigma tecnológico em contínua expansão que permite a interconexão de objetos físicos, sensores e atuadores com sistemas computacionais e redes de comunicação, visando a automação e otimização de tarefas no mundo real [Atziori et al., 2010].

De acordo com [Atziori et al., 2010], a IoT propõe a interconexão de objetos físicos ao ambiente digital, permitindo que estes dispositivos colem, processem e troquem dados entre si e com sistemas centrais, de forma autônoma ou semiautônoma. Essa integração entre o mundo físico e o digital é mediada por tecnologias como sensores, atuadores, redes de comunicação, plataformas de processamento em nuvem e algoritmos de análise de dados, criando ecossistemas inteligentes e responsivos [Atziori et al., 2010].

A IoT pode ser visualizada como uma combinação de tecnologias que são complementares no intuito de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual. Entre as tecnologias, podem ser mencionadas comunicação, a identificação, os sensores, a computação, a semântica e os serviços [Santos et al., 2016], como apresentados na Figura 2.1 .

Um objeto inteligente no contexto de IoT, é um objeto físico equipado com tecnologias digitais, como sensores, atuadores, processadores e conectividade à internet [Atziori et al., 2010]. Os objetos são identificados com o objetivo de conectá-los à uma rede de Internet. Os sensores

<sup>1</sup>[https://drive.google.com/drive/folders/1rX49xAu6da7eQcrboyH8a1tgFnMkg8?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1rX49xAu6da7eQcrboyH8a1tgFnMkg8?usp=drive_link)

capturam as informações geradas pela comunicação entre os objetos e as armazenam em um repositório de dados. A responsabilidade da computação é executar os algoritmos definidos nos objetos inteligentes a fim de extrair conhecimentos dos objetos, para isso utilizam os serviços que proveêm a colaboração e comunicação entre os ambientes virtual e real [Santos et al., 2016].

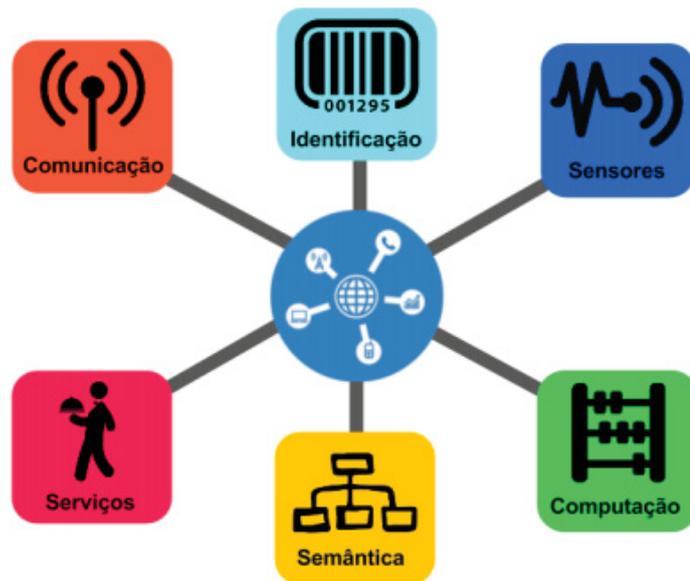


Figura 2.1: Tecnologias complementares para IoT. Fonte:[Santos et al., 2016]

Os sistemas de IoT possuem características próprias que exigem requisitos específicos para garantir sua eficiência, segurança e escalabilidade [Souza et al., 2025]. Além disso, são compostos por diversos elementos fundamentais, que trabalham em conjunto para garantir a conectividade, a coleta de dados, o processamento e a tomada de decisão. Esses elementos podem ser organizados em camadas dentro da estrutura IoT. A Figura 2.2, apresenta alguns elementos de IoT, suas funções e exemplos.

Elementos	Função	Exemplo
<b>Objeto Inteligente / Dispositivos</b>	É um dispositivo físico que pode conter sensores, atuadores e conectividade para interagir com o ambiente e transmitir dados para a nuvem ou outros sistemas	<i>Smartwatches</i> (traduzido, relógio inteligente), monitoram saúde e notificam o usuário.
<b>Sensores</b>	Coletam dados e atuam no ambiente	Sensores de movimento, temperatura.
<b>Atuadores</b>	Executam ações físicas	Braço mecânico em IoT
<b>Sinalizadores</b>	Transmitem identificadores únicos para dispositivos próximos	Sensores conectados via Wi-Fi podem enviar alertas sobre temperatura elevada, atuando como intermediários para sinalizar informações.
<b>Conectividade</b>	Permite a comunicação entre os objetos inteligente / dispositivos	Wi-fi
<b>Processamento</b>	Realiza a análise de dados para apoiar a tomada de decisões.	Computação em nuvem
<b>Armazenamento</b>	Organiza e processa grandes volumes de dados	Bancos NoSQL
<b>Segurança e Privacidade</b>	Protege os dados, dispositivos e os objetos contra ataques	Criptografia
<b>Aplicativo</b>	Os aplicativos IoT são programas que atuam como interface entre usuários e dispositivos conectado	Um aplicativo de IoT voltado para automação residencial permite que o usuário controle dispositivos da casa — como luzes, fechaduras, termostatos e câmeras de segurança

Figura 2.2: Alguns Elementos de IoT

Sobre a Figura 2.2, a primeira linha descreve o **Objeto Inteligente / Dispositivos**, definido como dispositivos físicos com sensores, atuadores e conectividade, responsáveis por

interagir com o ambiente e transmitir dados para a nuvem. Um exemplo são os *smartwatches* (traduzido, relógio inteligente), que monitoram sinais vitais e notificam os usuários.

Os **Sensores** coletam dados do ambiente, como sensores de temperatura e movimento, enquanto os **Atuadores** executam ações físicas, como braços mecânicos em ambientes automatizados. Os **Sinalizadores** transmitem identificadores únicos, permitindo, por exemplo, que sensores com Wi-Fi alertem sobre eventos críticos. A **Conectividade** assegura a comunicação entre os dispositivos, sendo o Wi-Fi uma tecnologia comum.

Na sequência, o **Processamento** transforma dados em alternativas para tomada de decisões, normalmente com o apoio da computação em nuvem, e o **Armazenamento** lida com grandes volumes de dados, utilizando bancos como NoSQL. A **Segurança e Privacidade** é garantida por mecanismos como criptografia, protegendo dados e dispositivos. Por fim, os **Aplicativos** funcionam como interfaces entre usuários e dispositivos conectados, como um aplicativo de IoT voltado para automação residencial permite que o usuário controle dispositivos da casa, como luzes, fechaduras, termostatos e câmeras de segurança.

### 2.1.1 IoT e Requisitos

Os sistemas IoT são caracterizados por sua heterogeneidade, distribuição e interação com ambientes físicos, o que impõe desafios particulares no desenvolvimento de software, especialmente na fase elicitação de requisitos. A presença do fator humano, com suas diferentes perspectivas, necessidades e níveis de familiaridade tecnológica, torna ainda mais complexa a compreensão e formalização dos requisitos em projetos de IoT.

Os requisitos de sistemas IoT abrangem o comportamento esperado dos dispositivos, segurança, desempenho em tempo real, interoperabilidade e escalabilidade [Siakas et al., 2024]. Tais características tornam o processo de elicitação mais complexo, uma vez que os sistemas precisam integrar diferentes domínios, além de envolver múltiplas partes interessadas com níveis diversos de conhecimento técnico [Siakas et al., 2024].

Os requisitos específicos para sistemas de Internet das Coisas podem variar dependendo do tipo de aplicação, do setor em que é utilizado e do tipo de dispositivo IoT. No entanto, alguns requisitos gerais que são comuns à maioria dos sistemas de IoT, como sensores, atuadores e rede de comunicação [Aguilar-Calderón et al., 2022].

De acordo com [Atziori et al., 2010], entre os principais requisitos em sistemas IoT destacam-se, os requisitos funcionais, que descrevem os comportamentos esperados do sistema, como a capacidade de um sensor identificar presença e acionar um atuador; os requisitos não funcionais, como desempenho, escalabilidade, consumo energético, interoperabilidade e segurança e; os requisitos contextuais, que dependem diretamente do ambiente físico ou social em que o sistema opera.

Um dos principais desafios no levantamento de requisitos para IoT está na dificuldade de comunicação entre os diversos interessados, que nem sempre compartilham a mesma visão sobre o sistema e compreensão do problema.

### 2.1.2 Trabalhos Relacionados

A IoT está impulsionando o desenvolvimento de diversas soluções técnicas para múltiplas finalidades, seus usuários têm necessidades distintas e as partes envolvidas em um projeto IoT devem ser capazes de lidar com essas necessidades por meio da Engenharia de Requisitos (ER)<sup>2</sup>[Aguilar-Calderón et al., 2022].

<sup>2</sup>A ER é uma subdisciplina da engenharia de software (ES) e se preocupa em estabelecer os objetivos, funcionalidades e restrições de sistemas de hardware e software [Aguilar-Calderón et al., 2022]

De acordo com [Silva et al., 2019], a construção de sistemas IoT requer um processo definido, incluindo atividades desde a concepção de requisitos até a implantação do sistema. Sistemas IoT possuem requisitos particulares que exigem processos personalizados, entre as particularidades do requisitos de IoT, destacam-se a adaptabilidade, conectividade, privacidade, inteligência, interoperabilidade e mobilidade, além de característica de comportamentos como identificação, sensoriamento e atuação [Aguilar-Calderón et al., 2022].

Neste cenário, os autores [Kaleem et al., 2019], apontam treze desafios identificados para o desenvolvimento de sistemas IoT, sendo eles, dispositivos e objetos restritos; conflitos encontrados entre as partes interessadas; heterogeneidade nas técnicas de Engenharia de Requisitos (ER); gerenciamentos dos sensores; seleção da melhor técnica para um determinado problema; mal gerenciamento dos requisitos; falta de conhecimento do domínio; preocupações voltadas à segurança; *gap* na comunicação entre as partes interessadas; gerenciar as vulnerabilidades de sistemas IoT; dispositivos heterogêneos têm problemas de compatibilidade; cultura e dissimilaridade social; e usuários não estão cientes das terminologias de IoT.

O trabalho [Silva et al., 2019] apresenta um processo preliminar de Engenharia de Requisitos para sistemas IoT com três subprocessos, a definição do escopo do projeto, definição do sistema IoT e definição dos requisitos do sistema IoT, conforme a Figura 2.3.

Cada subprocesso é descrito em termos de resultados do processo (expressam os resultados esperados da execução bem sucedida do subprocesso), atividades (conjuntos de tarefas coesas do processo) e tarefas. Assim, cada subprocesso tem seu próprio objetivo e resultados, que juntos cumprem o propósito e os resultados da ER para o desenvolvimento de sistemas IoT [Silva et al., 2019].

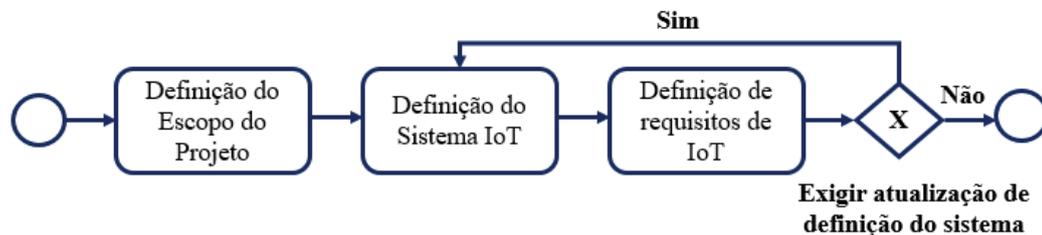


Figura 2.3: Processo de ER para sistemas IoT. Fonte: [Silva et al., 2019]

O trabalho [Da Silva et al., 2020], apresenta a REIoT (*Requirements Engineering for software systems based on IoT*), uma tecnologia que visa oferecer apoio metodológico, técnico e ferramental ao processo de ER em sistemas de software baseados na Internet das Coisas. Os autores [Da Silva et al., 2020], propõem uma abordagem estruturada para suprir lacunas identificadas em soluções tradicionais de ER, as quais não contemplam de forma abrangente essas especificidades.

A REIoT é composta por três principais componentes, as técnicas para descrição e verificação de cenários IoT, um processo construtivo adaptado às etapas da ER com foco em sistemas IoT e um conjunto de templates orientados à documentação de requisitos com rastreabilidade entre artefatos [Da Silva et al., 2020].

O processo construtivo da REIoT cobre todas as fases da ER sendo a concepção, elicitacão, negociação, análise, especificação, verificação, validação e gerenciamento, adaptando-as às demandas de projetos IoT. O trabalho aponta um potencial positivo para uso do REIoT em aprimorar a qualidade da documentação de requisitos da tecnologia. Além disso, propõe como estudos futuros o desenvolvimento de suporte ferramental, avaliação em contextos industriais e exploração da geração de casos de teste a partir dos documentos de requisitos produzidos.

Outro trabalho [Agualongo et al., 2022], aponta que desenvolver protótipos para sistemas IoT permite antecipar uma série de obstáculos, como informar à equipe de desenvolvimento que determinado requisito não está apresentando os resultados esperados, sendo necessário ser ajustado ou substituído. [Agualongo et al., 2022]. Os protótipos são um recurso que devem ser constantemente utilizados por desenvolvedores para analisar a viabilidade de seus projetos. O uso de protótipos é uma prática recomendável, o seu desenvolvimento é um processo iterativo que deve ser realizado de forma rápida e eficiente [Agualongo et al., 2022].

O trabalho [da Silva et al., 2023], apresenta a ReqMLSCity, uma ferramenta que automatiza a análise de requisitos utilizando Processamento de Linguagem Natural (PLN) e Aprendizado de Máquina, com foco em aplicações de cidades inteligentes. A ferramenta avalia aspectos como ambiguidade, estrutura sintática e contextualização dos requisitos, identificando se estão adequados ao domínio de cidades inteligentes e se descrevem corretamente sensores e atuadores [da Silva et al., 2023].

Embora não seja voltada especificamente para a concepção de requisitos, a ReqMLSCity oferece suporte relevante à sua análise automatizada, contribuindo para a melhoria da qualidade e consistência de documentos de requisitos em projetos IoT [da Silva et al., 2023]. A avaliação preliminar mostrou resultados promissores, especialmente na identificação de requisitos contextualizados [da Silva et al., 2023].

Embora algumas propostas avancem na adaptação de técnicas tradicionais, na criação de notações específicas e no desenvolvimento de ferramentas de apoio, muitas dessas iniciativas ainda apresentam limitações quanto à aplicabilidade prática. Frequentemente, exigem elevado grau de especialização técnica, o que dificulta sua adoção por equipes multidisciplinares e em contextos diversos de projeto.

Nesse sentido, evidencia-se a necessidade de um *framework* que seja reprodutível, adaptável e acessível, incorporando métodos visuais, narrativos e colaborativos, a fim de promover uma abordagem mais inclusiva da Engenharia de Requisitos para sistemas IoT. Este cenário justifica a proposta apresentada nesta tese, que visa suprir essas lacunas por meio de uma abordagem estruturada e validada empiricamente, com foco na aplicabilidade e na valorização da participação ativa dos envolvidos no processo.

Dessa forma, destaca-se a necessidade de um *framework* que possa ser reprodutível e adaptável, que incorpore métodos visuais, narrativos e colaborativos, proporcionando uma visão mais inclusiva da engenharia de requisitos no contexto de IoT. Este cenário justifica a proposta apresentada nesta tese, que visa suprir essas lacunas por meio de uma abordagem estruturada e validada empiricamente, com foco na aplicabilidade e na valorização da participação ativa dos envolvidos no processo.

## 2.2 CONCEPÇÃO DE REQUISITOS

A concepção dos requisitos se direciona ao entendimento do projeto de sistema [Sommerville et al., 2011]. Se preocupa em descobrir, junto a todos os envolvidos, qual o objetivo do projeto e capturar as informações necessárias, a fim de entender o que o sistema deve fazer. Para esta etapa, identificamos a metodologia de Design Socialmente Consciente e a técnica de *brainstorming* como amparo à concepção dos requisitos.

### 2.2.1 Design Socialmente Consciente

O Design Socialmente Consciente afeta diretamente o resultado final de um produto, projeto e/ou uma solução. Suas contribuições centram-se em promover um melhor alinhamento

entre as demandas e os envolvidos e propiciar maior longevidade da solução. Para que tal abordagem seja inserida em um cenário produtivo, é necessário alicerçar os conceitos de DSC, aos processos de design.

A diversidade cultural, econômica e social, regional ou mundial, requer a construção de sistemas computacionais capazes de possibilitar acesso a todos, sem discriminação, conforme o paradigma do *design for all* (DA, traduzido, design para todos) [Baranauskas, 2014]. Desta forma, valores humanos, emoção, afeto, motivação, segurança, sociabilidade, crenças, costumes e regras precisam ser consideradas no design e implementação de sistemas que envolvem as TICs [Pereira et al., 2013].

O DSC baseia-se na realidade socioeconômica e cultural de um grupo de envolvidos e tem como objetivo obter uma visão de design mais ampla, envolvendo as diferentes partes interessadas no processo de elicitação de requisitos e design, enfatizando não apenas requisitos técnicos, mas também requisitos informais e formais que irão favorecer a construção de um sistema mais sustentável, com menor custo de manutenção, menor número de solicitação de mudanças e maior índice de aceitação do produto final [da Silva et al., 2016]. Neste contexto, o DSC utiliza a semiótica organizacional, para descobrir e modelar os valores humanos, hábitos, culturas, procedimentos e regras que envolvam os diferentes tipos de usuários de um sistema computacional, a fim de atrelar estes elementos ao nível técnico do sistema [Ferrari et al., 2019].

Na Figura 2.4, a representação da cebola semiótica, nela é ilustrada a interação entre os níveis informal, formal e técnico, a sociedade e o design. Sendo que no nível informal devem ser observadas a interação das pessoas com a sociedade, cotidiano, cultura e valores humanos, no nível formal como a sociedade se organiza, baseada nas leis, regras e modelos e no nível técnico devem estar representados os artefatos tecnológicos construídos com os dados dos níveis anteriores [Baranauskas, 2014].

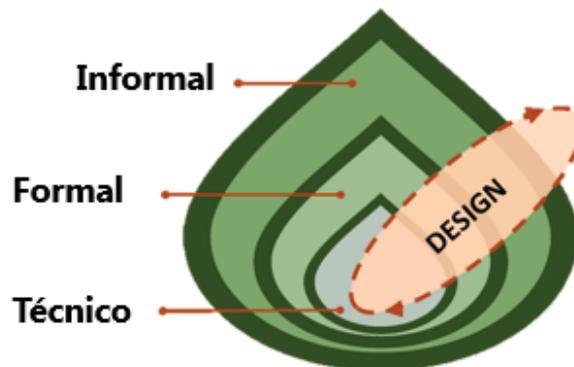


Figura 2.4: Cebola Semiótica. Fonte: [Baranauskas, 2014].

No decorrer do processo de design, inúmeros artefatos (informais, formais e técnicos) são usados como ferramentas de mediação e comunicação, dentre os participantes. No nível formal, são encontrados itens como: leis, modelos e métodos, os artefatos recebem intenções e significados, gerados pela sociedade. No nível técnico, os artefatos são tecnológicos, mensuram ações de níveis anteriores, parte vinda da camada formal e outra da informal [Baranauskas, 2014].

O DSC propõe práticas participativas e inclusivas que envolvem diversas pessoas com diferentes papéis, tais como desenvolvedores, designers, patrocinadores, usuários finais ou outras partes interessadas que serão devidamente identificadas para propor soluções de tecnologia [da Silva et al., 2016].

O DSC tem raízes metodológicas no *Problem Articulation Methodology* (PAM, traduzido, Metodologia de Articulação de Problemas), proposto por [Kolkman et al., 2007]. O PAM estrutura a compreensão e discussão de problemas sociotécnicos por meio de artefatos específicos que apoiam a articulação de diferentes visões de mundo e interesses dos envolvidos. Entre esses artefatos destacam-se: o DPI (Diagrama das Partes Interessadas), o Quadro de Avaliação, a Escada Semiótica e a Torta de Valores. Esses elementos são utilizados para mediar a comunicação entre participantes de diferentes áreas e níveis técnicos, promovendo o alinhamento e a explicitação de valores e prioridades que impactam o design de sistemas. Assim, o DSC, ao incorporar o PAM, adota uma postura centrada nas pessoas e na complexidade dos contextos sociais em que as tecnologias são inseridas [Kolkman et al., 2007].

O DPI foi proposto por [Stamper, 1973] com o objetivo de apoiar a identificação das partes interessadas em um projeto. O DPI categoriza as partes interessadas em cinco categorias diferentes:

1. operação;
2. contribuição: aqueles que contribuem diretamente para o problema;
3. fonte: aqueles que fornecem dados e/ou são fonte de informações para o problema ou sua solução, ou fazem uso deles;
4. mercado: aspectos de mercado relacionados ao problema;
5. comunidade: representantes da comunidade que influenciam e são influenciados pelo problema no contexto social.

O Quadro de Avaliação é um artefato criado para, a partir das partes interessadas identificadas, antecipar possíveis problemas de design que elas possam encontrar no sistema proposto (ou na ausência dele) e sugerir ideias de soluções [da Silva et al., 2018a].

A Escada Semiótica organiza os requisitos relacionados à infraestrutura técnica (níveis inferiores) e às funções de informação humana (níveis superiores) [da Silva et al., 2018a]. Além dos três níveis básicos da Semiótica de Peirce, a Sintaxe, Semântica e Pragmática, esse artefato considera também os aspectos físicos das plataformas de TI e os efeitos do sistema e da comunicação na sociedade [da Silva et al., 2018a]. A Figura 2.5 apresenta o modelo da Escada Semiótica, ilustrando sua estrutura e os níveis que organizam os requisitos técnicos e humanos.

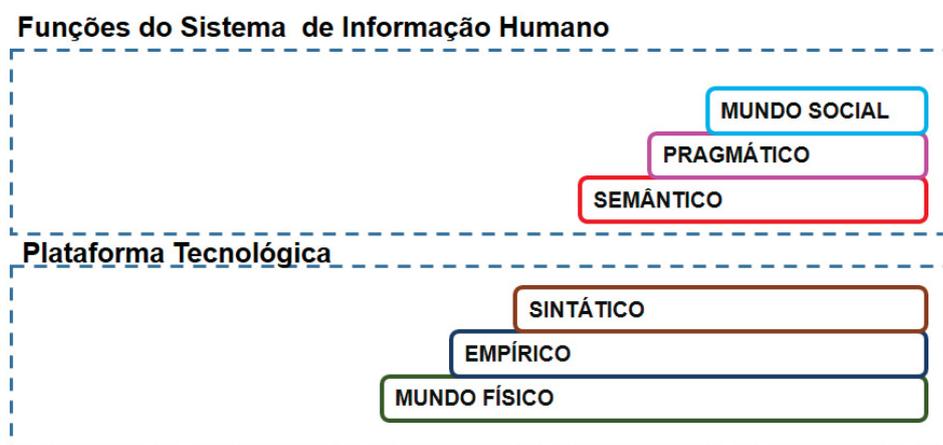


Figura 2.5: Escada Semiótica

### 2.2.2 *Brainstorming*

O termo *brainstorming*, vem do inglês em que *brain* significa cérebro e *storming* significa tempestade, na língua portuguesa, o termo pode ser traduzido como “chuva de ideias”, “tempestade de ideias” ou “explosão de ideias”.

O *brainstorming* é uma técnica que estimula as pessoas a gerarem a maior quantidade de ideias que elas conseguem, sem preocupações relacionadas à utilização ou à lógica dessas ideias. É uma forte ferramenta de incentivo à criatividade, por meio da quebra dos bloqueios mentais que as pessoas criam e que inibem seu potencial criativo. Dessa forma, a criatividade e o *brainstorming* podem ser aplicados na busca de soluções e/ou causas de problemas, o que pode ocorrer em sequência [Nadeem et al., 2022].

No processo de Engenharia de Requisitos, a técnica *brainstorming*, é utilizada pela equipe em reuniões individuais e visitas ao espaço de trabalho do cliente. A equipe usa uma variedade de ferramentas e modelos predefinidos para a concepção de requisitos [Nadeem et al., 2022]. Neste cenário, a visão comum do projeto pode reduzir as informações conflitantes entre os envolvidos.

### 2.2.3 Materiais de Apoio

Os materiais de apoio cumprem o papel de orientar os participantes, padronizar os processos e ampliar a acessibilidade das atividades propostas, contribuindo diretamente para a qualidade dos artefatos gerados [Glinz e Fricker, 2015]. Três materiais de apoio são propostos neste contexto, um manual do *framework*, um conjunto de *flashcards* e uma biblioteca de ilustrações.

Estes materiais encontram-se descritos em detalhes no Capítulo 3, Seção 3.2 e Subseções 3.2.1, 3.2.2, 3.2.3.

#### 2.2.3.1 *Um Manual do Framework*

Um manual do *Framework* funciona como um guia metodológico que descreve passo a passo as atividades a serem conduzidas, seus objetivos, ferramentas e exemplos de aplicação. Serve como um recurso didático para apoiar disciplinas, oficinas, treinamentos e projetos acadêmicos, oferecendo aos docentes, pesquisadores, facilitadores e interessados um conjunto de orientações organizadas por etapas, com exemplos, atividades sugeridas e possibilidades de adaptação.

#### 2.2.3.2 *Flashcards*

Na literatura, segundo os autores [Fernandes et al., 2022] o termo *cards* (traduzido, cartas) refere-se a cartões informativos ou interativos utilizados como ferramentas visuais para apoiar o ensino, a aprendizagem ou o desenvolvimento de ideias. De forma geral, os *cards* são estruturas gráficas que contêm informações organizadas de forma sintética e visualmente atrativa, podendo apresentar textos curtos, imagens, símbolos e até perguntas [de Freitas Silva et al., 2019].

Os *flashcards*, por sua vez, são um tipo específico de *card*, utilizado como ferramenta de estudo e memorização [Roediger III e Karpicke, 2006]. Eles contêm uma pergunta, conceito ou imagem em um lado, e a resposta ou explicação correspondente no verso. Segundo [Roediger III e Karpicke, 2006], o uso de *flashcards* é uma estratégia de aprendizagem ativa em que o ato de tentar lembrar uma informação fortalece a memória e a retenção do conteúdo.

Nos últimos anos, o uso de recursos visuais e físicos como *cards* tem ganhado destaque como ferramenta de apoio em processos de design, ensino e desenvolvimento de sistemas interativos [Carvalho et al., 2024]. De acordo com os autores [Carvalho et al., 2024], os *cards*

atuam como facilitadores no processo de adaptação de mecânicas e elementos de interface, sendo especialmente úteis quando o objetivo é ampliar a acessibilidade e promover a inclusão de públicos diversos.

Uma abordagem com *cards* favorece processos colaborativos de co-criação, ao proporcionar às equipes uma forma tangível e objetiva de discutir, explorar e visualizar adaptações [Carvalho et al., 2024].

### 2.2.3.3 Biblioteca de Ilustrações

A biblioteca de ilustrações, trata-se de um conjunto de ícones e elementos gráficos ilustrativos para representar conceitos-chave do universo IoT, tais como: sensores, servidores, nuvem, fontes de energia e entre outros. As ilustrações foram concebidas com linguagem visual simples.

A biblioteca pode ser utilizada na etapa de modelagem visual com HQs, onde os elementos gráficos podem ser inseridos para enriquecer visualmente as HQs e na etapa de visualização em RE, na qual os componentes ilustrados podem ser incorporados à plataforma de visualização, promovendo maior coesão entre a representação narrativa e a experiência imersiva.

Dessa forma, a adoção de materiais de apoio representa um componente estratégico dentro de *frameworks* participativos. Ao oferecer ferramentas práticas e orientadas, tais materiais facilitam a operacionalização da metodologia, reforçam a autonomia das equipes e promovem uma maior compreensão e envolvimento dos stakeholders no processo de engenharia de requisitos.

### 2.2.4 Trabalhos Relacionados

A concepção de sistemas baseados em IoT apresenta desafios, especialmente quando envolve múltiplos atores, contextos socioculturais e requisitos complexos. Nesse cenário, abordagens como o Design Socialmente Consciente, técnicas de *brainstorming* e ferramentas de apoio à modelagem podem ser utilizadas para enriquecer o processo de desenvolvimento e promover a inclusão de múltiplas visões.

O trabalho [Silva e Baranauskas, 2020], discute a concepção de espaços coletivos inteligentes a partir da interação entre as dimensões social, física e digital, entendidas como sistemas interdependentes que percebem e reagem a perturbações (como luz ou som) em ciclos de feedback. Essa articulação dinâmica configura ambientes socioenativos, com foco nas relações humanas mediadas pela tecnologia.

Como abordagem metodológica, os autores [Silva e Baranauskas, 2020] adotam princípios da Semiótica Organizacional e práticas do Design Socialmente Consciente para guiar o processo de design de sistemas sociotécnicos inclusivos<sup>3</sup>, com foco na experiência humana.

Foram realizadas oficinas participativas, e nelas o *brainstorming* foi utilizado como técnica de apoio à ideação e evolução das soluções ao final de cada oficina, contribuindo com sugestões baseadas nas percepções e emoções dos participantes. Essa técnica promoveu o refinamento iterativo dos artefatos, narrativas e organização do espaço físico, garantindo a adaptação sensível e colaborativa das propostas [Silva e Baranauskas, 2020].

As práticas realizadas mostraram-se eficazes para explorar os efeitos afetivos e sociais da tecnologia em ambientes hospitalares e para fortalecer o papel das partes interessadas como coautoras do sistema. O estudo destaca a importância de considerar o humano como elemento central desde a concepção até a implementação de sistemas IoT [Silva e Baranauskas, 2020].

<sup>3</sup>Um sistema sociotécnico inclusivo é um sistema que integra de forma equilibrada os aspectos sociais e técnicos, considerando intencionalmente a diversidade humana, as necessidades sociais, as diferenças culturais, e as condições de acesso e participação dos indivíduos no seu projeto, desenvolvimento e uso.

Embora o artigo aborde de forma rica a configuração interativa do espaço e as dimensões envolvidas, não trata especificamente da etapa de elicitação de requisitos de forma técnica ou formal.

Os estudos [Baranauskas et al., 2024b] e [Baranauskas et al., 2024a], trazem abordagens que se apoiam em bases em experiências e relações para propor novos modos de compreender e projetar a interação entre pessoas, tecnologias e contextos sociais. Porém o foco dos estudos está na interpretação da interação, suas dinâmicas e significados, ao invés da formalização de requisitos técnicos.

Embora a literatura sobre Design Socialmente Consciente venha se expandindo, inclusive com algumas propostas voltadas para o desenvolvimento de sistemas de IoT, observa-se que poucos estudos tratam especificamente da fase de concepção de requisitos de forma estruturada e aplicada. A maior parte das abordagens com DSC está voltada à reflexão crítica sobre valores sociais, culturais e éticos no design, mas carecem de métodos e artefatos que possam ser utilizados para a elicitação e estruturação de requisitos contextos de sistemas IoT.

## 2.3 MODELAGEM DE REQUISITOS

Comumente são identificadas lacunas na comunicação entre os envolvidos de um projeto, muitas vezes causadas pela forma como os requisitos são descritos e interpretados [Ribeiro et al., 2019]. As técnicas de concepção apresentadas na Seção podem amparar na descrição dos requisitos, além disso, a modelagem de requisitos é uma etapa fundamental no processo de desenvolvimento de sistemas, pois permite representar as funcionalidades esperadas, os comportamentos do sistema e suas interações com os usuários e com o ambiente [Barros et al., 2017a].

### 2.3.1 Histórias em Quadrinhos

Técnicas de requisitos visuais e métodos lúdicos podem ser usadas para aumentar a conscientização e a compreensão dos requisitos do usuário [Barros et al., 2017a].

Uma história é uma narrativa que tem uma longa história de transmitir conceitos. Além disso, a imagem torna o conteúdo mais memorável. A combinação de história e imagem formam a História em Quadrinhos (HQ) [Karimi et al., 2021]. É possível identificar as HQs, como um sistema narrativo por meio de imagens fixas aliadas às linguagens escritas, e derivam as primeiras formas de comunicação visual [Barros et al., 2017a].

Os autores [Barros et al., 2017a], acreditam que a principal razão para o uso de representações visuais é explorar o poder do processamento visual humano e, assim, otimizar a comunicação humana e a resolução de problemas.

### 2.3.2 UML e Marte

Todo e qualquer sistema deve ser modelado previamente antes do início de sua implementação, a fim de garantir clareza, organização e alinhamento com os objetivos do projeto [Guedes, 2018]. Além disso, o desenvolvimento de sistemas deve seguir um modelo de referência, o que contribui para uma melhor compatibilidade, portabilidade e reutilização entre diferentes plataformas e contextos [Koç et al., 2021].

A UML nasceu da combinação de três abordagens de modelagem: o método de Booch, o OMT (*Object Modeling Technique*) desenvolvido por Jacobson e o OOSE (*Object-Oriented Software Engineering*) criado por Rumbaugh. Até metade dos anos 1990, esses métodos eram os

mais requisitados por especialistas em desenvolvimento de software. A fusão dessas metodologias recebeu forte respaldo da *Rational Software*, que apoiou e financiou esse esforço [Guedes, 2018].

Os requisitos dispostos em diagramas UML expressam como os usuários devem interagir com o sistema. Os cenários descrevem como o sistema deve ser operado, além de apresentar suas restrições [Koç et al., 2021].

As abordagens baseadas em UML são utilizadas para descrever a arquitetura de software e hardware de sistemas embarcados [Meziane e Ouerdi, 2022]. Os autores [Meziane e Ouerdi, 2022] destacam que a UML para propriedades em tempo real, é tipicamente conectada com Marte, que permite modelar propriedades não funcionais, como consumo de energia, desempenho e restrições de tempo.

O perfil Marte é uma extensão de perfil UML para sistemas embarcados e de tempo real. A arquitetura do Marte consiste em três pacotes principais, sendo os fundamentos do Marte, modelo de design do Marte e modelo de análise do Marte, como apresentado na Figura 2.6 [Faugere et al., 2007].

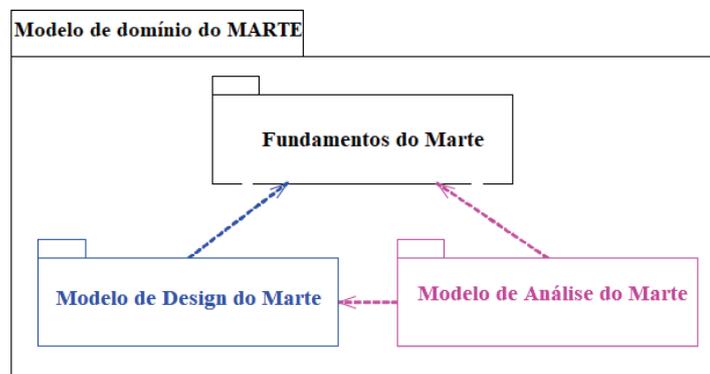


Figura 2.6: Modelo de Arquitetura do Perfil Marte. Fonte:[Faugere et al., 2007]

O pacote de **Fundamentos do Marte** define todos os conceitos básicos necessários para o projeto e a análise de sistemas em tempo real. Ele contém conceitos para modelagem, como propriedades não funcionais e relacionados ao tempo, um modelo geral de componentes para aplicações e um modelo geral de recursos para plataformas [Faugere et al., 2007]. Além disso, a especificação completa do perfil Marte pode ser encontrada em <sup>4</sup>.

O **modelo de design do Marte**, abrange o processo da coleta, especificação de requisitos, projeto e implementação [Faugere et al., 2007]. E o **modelo de análise do Marte**, define abstrações específicas do modelo e anotações relevantes a serem usadas por ferramentas externas em técnicas de análise dedicadas, neste é possível suportar o uso extensível da UML e Marte para modelagem de requisitos [Faugere et al., 2007].

### 2.3.3 Trabalhos Relacionados

A especificação dos requisitos por meio das HQs pode envolver apenas uma funcionalidade ou um conjunto de funcionalidades correlacionadas para atingir um objetivo dentro do sistema que está sendo especificado [Barros et al., 2017b].

Alguns estudos têm proposto o uso de ferramentas para apoiar a atividade de levantamento de requisitos, como o uso de visualizações tabulares, visualizações quantitativas de risco com tabelas, modelagem de requisitos de processos de negócios e o uso de mapas

<sup>4</sup><https://www.omg.org/spec/MARTE/1.1/>

mentais [Barros et al., 2017b]. Essas ferramentas têm se mostrado eficazes para facilitar a comunicação entre as partes interessadas em um ambiente de desenvolvimento de software [Barros et al., 2017a].

No trabalho [Ganesh, 2013], as HQs são utilizadas como material complementar para a disciplina de Redes de Computadores, com o objetivo de facilitar a compreensão dos alunos sobre os conceitos. O método foi aplicado aos alunos do terceiro ano do curso de Engenharia da Computação e observou-se que o grau de aprendizagem dos alunos expostos às histórias em quadrinhos foi melhor, em comparação aos alunos ensinados com a metodologia tradicional.

Os autores [Tobita, 2011], descreveram um método denominado de "Computando Quadrinhos"(em inglês, *Comic Computing*), que utiliza as características de quadrinhos para criar uma interface de usuário única, melhorando a comunicação entre os envolvidos. Analisaram os quadrinhos do ponto de vista de uma interface de usuário, focando visualização de informação e, em seguida, desenvolveu vários sistemas com base nos resultados da análise. O objetivo era a criação de quadrinhos e aplicação, ambos os quais podem ser utilizados para promover a comunicação criativa e visual [Barros et al., 2017a] [Tobita, 2011].

Sobre o uso de UML e Marte, o artigo [Nascimento et al., 2023] propõe a SysIoTML, uma técnica de modelagem, desenvolvida para atender às especificidades de aplicações em Internet das Coisas, como sensores, atuadores, comportamento e interatividade. A proposta surge da constatação de que técnicas tradicionais de modelagem, como UML, não contempla de forma adequada os elementos específicos de sistemas IoT, como sensores, atuadores, comportamento e interatividade entre os dispositivos.

A técnica é composta por quatro diagramas principais, o de Casos de Uso, Sequência, Definição de Blocos e Máquina de Estados, adaptados com estereótipos específicos ao contexto IoT. Os resultados, referentes à validação da técnica, indicaram que a mesma é de fácil compreensão e aplicável ao domínio IoT, embora tenham sido apontadas limitações, como a necessidade de ferramentas específicas e maior clareza nas relações entre os elementos modelados [Nascimento et al., 2023].

A contribuição central do trabalho [Nascimento et al., 2023] está na oferta de uma técnica que facilita a modelagem de comportamento e interação em sistemas IoT, com potencial para apoiar tanto o desenvolvimento técnico quanto o ensino de conceitos relacionados à engenharia de sistemas conectados.

O artigo [Nascimento et al., 2024] apresenta o ReqM4IoT, uma ferramenta desenvolvida para apoiar as etapas de análise de requisitos e modelagem de software em sistemas baseados em IoT. A proposta surge da constatação de que a literatura carece de práticas consolidadas para essas fases no contexto da IoT, o que gera uma lacuna no desenvolvimento padronizado de aplicações inteligentes [Nascimento et al., 2024].

O ReqM4IoT integra duas técnicas previamente existentes, a ReqMLSCity [da Silva et al., 2023], voltada para análise de requisitos, e a SysIoTML [Nascimento et al., 2023], direcionada à modelagem de sistemas IoT. A ferramenta visa proporcionar maior clareza, estrutura e qualidade na especificação de sistemas, atendendo a domínios como cidades, residências e hospitais inteligentes.

A avaliação inicial foi realizada com poucos participantes com experiência em Engenharia de Software e IoT. Os resultados indicaram que a ferramenta é viável, útil e de fácil uso, embora tenham sido identificadas oportunidades de aprimoramento [Nascimento et al., 2024]. O estudo reforça o potencial do ReqM4IoT para apoiar o ciclo de vida de desenvolvimento de aplicações IoT de maneira mais eficaz.

No trabalho [Christoulakis e Thramboulidis, 2016], os autores sugerem que a UML pode ser estendida ou adaptada para representar restrições específicas de IoT, como heterogeneidade de sensores, comunicação assíncrona e disponibilidade intermitente dos dispositivos.

De maneira geral, os trabalhos relacionados à modelagem de requisitos revelam avanços importantes, tanto no uso de representações formais, como os diagramas UML e o perfil Marte, quanto em narrativas visuais, como o uso de HQs.

No entanto, é possível observar que, no caso das HQs, a maior parte das propostas está voltada para o apoio à especificação ou à comunicação de requisitos, e não para a etapa de modelagem em si. Da mesma forma, embora os diagramas UML e a extensão Marte sejam reconhecidos como instrumentos para representar requisitos técnicos, temporais e estruturais, seu uso em sistemas IoT ainda demanda um refinamento metodológico. A literatura aponta sua aplicabilidade, mas carece de orientações integradas que facilitem o uso pedagógico, colaborativo e iterativo dessas notações no contexto do desenvolvimento de sistemas IoT.

## 2.4 VISUALIZAÇÃO DE REQUISITOS

Diante de avanços na pesquisa de Realidade Estendida [El Raheb et al., 2021], esta poderá ser utilizada como forma de visualização dos requisitos de sistemas IoT.

### 2.4.1 Realidade Estendida

O termo Realidade Estendida, surgiu aproximadamente na década de 60, porém foi contextualizado na literatura na década de 2010, como resultado de avanços em outras tecnologias, como a computação gráfica [Wagner e Cozmiuc, 2022]. Seu conceito é genérico, abrange as tecnologias virtuais, incluindo Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Realidade Mista (RM) em um aspecto que vai desde dispositivos que interagem com o mundo real e virtual simultaneamente àqueles que só trabalham com o mundo virtual [Andrade e Bastos, 2019], para fornecer experiências de usuário intuitivas, imersivas e interativas [Han e Leite, 2022].

A Realidade Virtual, mergulha os usuários em ambientes completamente virtuais. Está associada a dois conceitos: ser objetiva, a fim de enviar estímulos aos receptores sensoriais do usuário e garantir que o usuário sinta o ambiente virtual ao utilizá-lo; e subjetiva, ligada ao estado da consciência do usuário, a percepção ao sentir imerso no mundo virtual [Tori et al., 2006].

A Realidade Aumentada é advinda da Realidade Virtual, e cria uma sobreposição de conteúdo virtual, mas não permite que o usuário interaja com o ambiente tridimensional [Tori e da Silva Hounsell, 2020].

A Realidade Mista combina as características de RV com as de RA. O termo foi criado para descrever um espectro de dispositivos RV e RA que mesclam o mundo físico com o mundo digital [Wagner e Cozmiuc, 2022].

O Quadro 2.1, destaca ações as quais podem acontecer em cada ambiente virtual, como a imersão do usuário em um ambiente virtual; sobreposição dos objetos virtuais ao ambiente real; adiciona conteúdo ao ambiente real; mistura o ambiente real com objetos criados digitalmente e; ambos ambientes podem coexistir e interagir um com o outro. É ressaltado RE como uma tecnologia capaz de realizar todas as ações advindas de RV, RA e RM [Tori e da Silva Hounsell, 2020] [Wagner e Cozmiuc, 2022].

As tecnologias RV, RA e RM, as quais compreendem RE, são classificadas como ferramentas relacionadas aos gêmeos digitais. Gêmeos digitais são definidos como a virtualização de entidades físicas e a materialização de processos virtuais, que são possíveis através da interação entre virtual e realidade [Wagner e Cozmiuc, 2022] [Catalano et al., 2022].

	Imersão do usuário em um ambiente virtual	Sobreposição dos objetos virtuais ao ambiente real	Adiciona conteúdo ao ambiente real	Mistura o ambiente real com objetos criados digitalmente	Ambos ambientes podem coexistir e interagir um com o outro
RA	-	✓	✓	-	-
RV	✓	-	-	-	-
RM	-	✓	✓	✓	✓
RE	✓	✓	✓	✓	✓

Quadro 2.1: Comparativo entre as Realidades virtuais e aumentada

Neste cenário, o uso da tecnologia de RE pode proporcionar a visualização e interação dos protótipos de sistemas IoT com a combinação de ambientes virtuais e reais.

#### 2.4.1.1 Plataforma de Visualização

Para realizar a etapa de visualização dos requisitos com a tecnologia de RE, é preciso selecionar uma plataforma de visualização, dentre as diversas opções disponíveis, apresentadas no Quadro 2.2, definimos como sugestão a plataforma CoSpaces<sup>5</sup>, oferece recursos voltados para colaboração, modelagem e integração com dispositivos IoT. Neste contexto, a presente seção explora os motivos que fundamentam a escolha do CoSpaces como a ferramenta sugerida para o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT.

Plataforma	Colaborativa	Capacidade de Conceber	Modelagem	Armazenamento (Interoperabilidade)	Trabalho em Nuvem	Compartilhamento
Oculus	Parcialmente	Sim	Sim	Limitado (através do Oculus Link)	Não	Parcialmente
HTC Vive	Sim	Sim	Sim	Sim	Não	Sim
Microsoft HoloLens	Parcialmente	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Google ARCore	Parcialmente	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
CoSpaces	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

Quadro 2.2: Plataformas de Visualização

O CoSpaces foi projetado especificamente para facilitar a colaboração entre usuários. Diferente de outras plataformas que possuem recursos colaborativos limitados ou dependentes de configurações adicionais, CoSpaces permite que equipes distribuídas trabalhem simultaneamente em um mesmo projeto em tempo real [Khattib e Alt, 2024].

O CoSpaces oferece um ambiente virtual interativo onde os usuários podem construir cenários que simulam o funcionamento de sistemas IoT [Ng et al., 2024]. Essa funcionalidade permite que os envolvidos testem e validem conceitos antes da implementação física, reduzindo custos e tempo de desenvolvimento. Além disso, a plataforma possibilita a modelagem de dispositivos e ambientes de maneira visual e intuitiva, facilitando a compreensão dos sistemas pelos envolvidos interessados.

<sup>5</sup>Houve uma mudança de nome em março de 2025: o CoSpaces passou a se chamar **Delightex**<sup>6</sup>

O CoSpaces, apresenta ferramentas de arrastar e soltar e uma biblioteca de elementos pré-fabricados, os usuários podem criar protótipos sem necessidade de programação avançada. Isso permite que tanto iniciantes quanto especialistas possam desenvolver projetos de forma rápida e eficiente [Ng et al., 2024] [Khattib e Alt, 2024].

A plataforma sugerida, permite o compartilhamento de protótipos com colegas, clientes e outras partes interessadas. Os usuários podem convidar colaboradores para visualizar e interagir com seus projetos, permitindo a obtenção de feedback instantâneo.

Diferentemente de plataformas como Oculus e HoloLens, que exigem hardware específico e possuem custos elevados, o CoSpaces é acessível e flexível em termos de preços e requisitos de hardware. Ele pode ser utilizada diretamente no navegador, sem a necessidade de dispositivos específicos, tornando-o uma opção viável para diversos perfis de usuários e organizações.

Diante disto, a sugestão do CoSpaces como plataforma de visualização para o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT em Realidade Virtual se justifica por sua capacidade colaborativa e facilidade de uso. Essas características tornam a plataforma uma escolha para equipes que buscam uma solução acessível para a criação e validação de projetos.

#### 2.4.2 Trabalhos Relacionados

Mapear o uso da tecnologia de Realidade Estendida tem se mostrado uma tarefa desafiadora, devido ao fato de ainda se encontrar em desenvolvimento [Tori e da Silva Hounsell, 2020], e a IoT é um paradigma promissor devido ao crescente número de dispositivos que podem ser conectados [Geraldini et al., 2020]. Neste cenário caracterizamos a necessidade de uma revisão bibliográfica da literatura, com o objetivo de identificar como a RE pode auxiliar na visualização de requisitos de sistemas IoT.

Os trabalhos [Guan et al., 2022] [Choi et al., 2019], apontam RE e IoT, como tecnologias-chave que recebem atenção significativa, pois melhoram a comunicação entre o virtual e o espaço físico. A RE é o meio interativo que fornece elementos aumentados por computador para a visão do mundo real, enquanto a IoT se refere à rede de objetos físicos com dispositivos de computação para sensoriamento e comunicação.

O trabalho [Guan et al., 2022], aborda a lacuna existente entre experiências imersivas digitais e a realidade física, propondo soluções baseadas na combinação de Realidade Estendida e Internet das Coisas. Para superar essa lacuna, os autores propõem o conceito de "Agentes do Metaverso Estendido", que são entidades capazes de operar tanto no ambiente físico quanto no virtual, permitindo interações bidirecionais. Esses agentes são caracterizados por três dimensões principais: incorporação, interação estendida e nível de agência. A integração desses agentes é facilitada por tecnologias RE e IoT, criando ambientes inteligentes e hiperconectados. Neste trabalho [Guan et al., 2022], foram desenvolvidos dois protótipos para demonstrar a viabilidade do framework proposto: um controlador de lâmpada XRI (do inglês, *Extended Reality and Internet of Things*, Realidade Estendida e Internet das Coisas, traduzido), uma lâmpada física é controlada por meio de interações virtuais e; a iluminação ambiente XRI, este protótipo permite que o usuário altere a cor da iluminação física ao interagir com elementos virtuais, como planetas e foguetes, em um ambiente de realidade mista. Os autores [Guan et al., 2022], destacam que a falta de integração entre os ambientes físico e virtual pode levar à sobrecarga cognitiva e experiências desconexas para os usuários. A proposta do framework de metaverso estendido visa mitigar esses problemas, promovendo interações mais naturais e contínuas.

Um estudo realizado em 2019 [Andrade e Bastos, 2019], propõe um modelo de comunicação de dados que permite a tradução de dados IoT em objetos, eventos ou cenários de RE. Neste estudo, também são indicadas tendências e aplicações sobre IoT e RE, o uso na segurança

cibernética, para ajudar as equipes de defesa de segurança a se defenderem contra ataques de softwares maliciosos dos dispositivos.

O estudo [Matsuo et al., 2023], investiga o uso da Realidade Estendida para aprimorar a visualização de dados em sistemas baseados na Internet das Coisas (IoT). O objetivo é a integração entre sensores IoT e modelos BIM (do inglês, *Building Information Modeling*) para monitoramento térmico em ambientes internos, utilizando Realidade Virtual e Realidade Aumentada. A metodologia adotada pelo trabalho [Matsuo et al., 2023], envolve a coleta de dados em tempo real por meio de sensores IoT instalados em ambientes internos. Esses dados são processados e integrados a modelos tridimensionais desenvolvidos com BIM, permitindo uma representação visual precisa das condições ambientais.

A utilização de RA e RV proporciona uma interface intuitiva, onde os usuários podem visualizar informações sobre temperatura e umidade diretamente sobrepostas ao ambiente físico ou em ambientes virtuais imersivos. A visualização dos dados ocorre através de um ambiente virtual desenvolvido na Unity, utilizando a biblioteca Vuforia para realidade aumentada. Os resultados obtidos demonstram que o sistema desenvolvido permite um monitoramento eficaz das condições ambientais em tempo real. A integração das tecnologias facilita a identificação de áreas com desconforto térmico, possibilitando intervenções rápidas e informadas. Além disso, a representação visual dos dados contribui para uma melhor compreensão das condições ambientais, mesmo por parte de usuários sem formação técnica específica [Matsuo et al., 2023].

O trabalho [Morris et al., 2021], propõe um framework arquitetural que integra Realidade Estendida e Internet das Coisas para criar ambientes inteligentes mais imersivos e adaptativos. A pesquisa destaca a necessidade de interfaces que tragam a IoT para o primeiro plano dos ambientes inteligentes cotidianos, onde os usuários são multimodais e multifacetados, exigindo novas formas de apresentação, adaptação e imersão.

O estudo [Morris et al., 2021], destaca o conceito de XRI (Realidade Estendida e IoT), que combina objetos RE híbridos com conectividade real e objetos IoT com interfaces RE ricas. A arquitetura compreende diferentes componentes que formam um sistema XRI descentralizado: um módulo de inteligência contextual, um módulo de broker de conectividade, um módulo de visualização de cena e objetos de realidade mista, e um módulo de ambiente ambiente e humano no loop [Morris et al., 2021]. O framework desenvolvido no trabalho visa permitir que pesquisadores e desenvolvedores compreendam e implementem ambientes inteligentes híbridos Realidade Estendida e IoT, promovendo uma convergência entre RE e IoT para experiências envolventes e adaptativas [Morris et al., 2021].

No trabalho [Nakamoto et al., 2012], foi desenvolvido uma estratégia de engenharia de requisitos voltada para ambientes de RA, enfatizando a importância de guias e diretrizes para projetistas. A proposta inclui atividades de análise de domínio e formulários que auxiliam na especificação de requisitos, considerando aspectos de usabilidade e interação multimodal.

Embora o estudo [Nakamoto et al., 2012], não utilize diretamente a terminologia de Realidade Estendida, o foco em experiências interativas, apoio à elicitação de requisitos e comunicação com stakeholders por meio de representações visuais estabelece uma importante conexão teórica e metodológica com os objetivos desta tese. O trabalho propõe um conjunto estruturado de diretrizes e ferramentas de apoio, incluindo formulários e atividades de análise de domínio, que ajudam os projetistas a especificar requisitos de forma mais clara e consistente.

As práticas apresentadas no trabalho [Nakamoto et al., 2012], contribuem para reduzir ambiguidades e promover a compreensão mútua entre usuários e desenvolvedores, aspecto essencial também para sistemas IoT que envolvem múltiplos perfis de usuários e dispositivos. Além disso, a estratégia foi validada por meio de um estudo de caso aplicado ao desenvolvimento de um sistema para tratamento de aracnofobia, demonstrando sua aplicabilidade prática.

Outro estudo [Murta e da Silva, 2024], os autores propõem uma arquitetura que integra sensores IoT para detecção de perigos em ambientes industriais, com exibição de alertas em Realidade Aumentada. A inovação reside na capacidade de adicionar novos sensores e regiões de alerta sem necessidade de recriar aplicações, promovendo flexibilidade e adaptabilidade no sistema. A proposta evidencia um cenário concreto de aplicação de tecnologias IoT com RA, alinhado com o contexto de sistemas sensoriais conectados — semelhante ao foco desta pesquisa, que trata da especificação de requisitos para sistemas IoT com suporte visual interativo.

Ainda neste estudo [Murta e da Silva, 2024], a arquitetura apresentada é desenhada para ser extensível, permitindo a inclusão de novos sensores e zonas de alerta sem a necessidade de reconstrução da aplicação, o que contribui diretamente para a discussão sobre flexibilidade, modularidade e escalabilidade no desenvolvimento de sistemas IoT. Ao utilizar a RA como meio de exibição de informações críticas, o estudo oferece insumos valiosos sobre como requisitos sensíveis — como resposta a riscos ou falhas — podem ser representados de forma compreensível para o usuário final, especialmente em cenários que exigem resposta imediata. Os experimentos demonstraram confiabilidade e baixa latência na transmissão de alertas, evidenciando a eficácia da abordagem na visualização de requisitos de segurança em tempo real [Murta e da Silva, 2024].

Apesar do avanço nas tecnologias envolvidas, a literatura que trata da visualização de requisitos em sistemas IoT por meio de Realidade Estendida ainda se encontra em estágio inicial. Observa-se que, entre os anos de 2022 a 2025, a produção acadêmica sobre esse tema é emergente, concentrando-se em estudos isolados que exploram casos específicos, como ambientes industriais, aplicações em saúde ou contextos educacionais. Há uma escassez de abordagens sistemáticas ou frameworks consolidados que tratem da concepção, modelagem e visualização dos requisitos utilizando ambientes imersivos ou interativos.

Esse cenário evidencia a necessidade de investigações mais aprofundadas e estruturadas, como a proposta desta pesquisa, que busca contribuir com a visualização de requisitos por meio da tecnologia de Realidade Estendida.

## 2.5 MAPEAMENTOS SISTEMÁTICOS DA LITERATURA

Os MSLs seguiram as diretrizes propostas por [Kitchenham et al., 2009], envolvendo três fases principais, o planejamento, a condução de revisão e a análise dos resultados.

Na fase de planejamento, foi elaborado um protocolo detalhado que descreve o processo e os métodos aplicados no MSL. O protocolo tem o objetivo de diminuir os vieses que podem ocorrer durante a execução do MSL, definindo a estratégia de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, extração de dados e apresentação dos resultados [Nakagawa et al., 2017].

Para identificação dos estudos a estratégia de busca foi dividida em quatro fases: (i) identificação de palavras-chave, considerando a questão da pesquisa; (ii) sinônimos baseados em estudos relevantes os temas específicos; (iii) uso do operador "ou" ("OR") entre sinônimos e identificadores; (iv) uso do operador "e" ("AND") para conectar as palavras-chave. A busca é realizada em inglês, por ser o idioma utilizado nas bases de dados eletrônicas selecionadas. Além da busca automática, foi adotada a estratégia de *backward snowballing* propostas por [Wohlin, 2014], pois partindo de um conjunto inicial de estudos foi possível identificar, visitar e incluir suas referências, quando necessário.

As bases de dados utilizadas para a execução das strings de busca nos Mapeamentos Sistemáticos da Literatura (MSLs) foram: Scopus<sup>7</sup>, ScienceDirect<sup>8</sup> e IEEE Xplore<sup>9</sup>. A escolha

<sup>7</sup><https://www.elsevier.com>

<sup>8</sup>[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

<sup>9</sup><https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

dessas bases justifica-se por sua ampla cobertura e reconhecida relevância na área da Computação, sendo amplamente utilizadas em estudos científicos.

Para identificar o conjunto inicial de estudos foram realizadas cinco atividades: (1) construção da string de busca, (2) definição de critérios de inclusão / exclusão de conjunto, (3) definição de procedimento de seleção, (4) aplicação de filtros de seleção e (5) aplicação de critérios de inclusão / exclusão. Para seleção dos estudos de ambos MSLs, foram selecionados trabalhos compreendidos entre os anos de 2015 até 2021, e uma atualização realizada no último trimestre de 2024, para responder às questões de pesquisa de cada MSL, além disso a busca é concentrada apenas na área de Ciência da Computação.

### 2.5.1 Especificação de Requisitos para Sistemas IoT

Para identificação dos estudos, foi utilizada uma estratégia composta em 4 atividades: (i) identificação de palavras-chave, considerando a questão da pesquisa; (ii) sinônimos baseados em estudos relevantes sobre requisitos e desenvolvimento de sistemas IoT (iii) uso do operador "ou"("OR") entre os sinônimos e identificados; (iv) uso do operador "e"("AND") para conectar as palavras-chave. E a busca nas bases foi realizada no idioma inglês. Apresentado como resultado da estratégia e *string*: (*"IoT"OR "Internet of Things"*) AND (*"Requirements engineering"OR "requirements"OR "Requirement specification"*).

Para identificar os principais indícios na literatura sobre concepção e modelagem visual de requisitos para desenvolvimento de sistemas IoT, foi definido uma questão de pesquisa (QP), esta amparada por duas subquestões de pesquisa (SQ).

- QP: Como os requisitos para o desenvolvimento sistemas de IoT são especificados?
- SQ1: Quais são os requisitos específicos para sistemas IoT?
- SQ2: Existe algum modelo de visualização formal de requisitos para desenvolvimento de IoT?

Assim como no MSL (01), foram aplicados os critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE) para os estudos retornados.

- CI1: O estudo deve apresentar ou indicar requisitos e/ou elementos específicos para desenvolvimento de sistemas IoT;
- CI2: O estudo deve apresentar ou indicar um modelo de visualização para especificação de requisitos de sistemas IoT;
- CE1: Não foram selecionadas publicações que não atenderam aos critérios de inclusão;
- CE2: Não foram selecionadas publicações que possuíam linguagem diferente do Inglês e Português (idioma nativo);
- CE3. Não foram selecionadas publicações que não estavam disponíveis o conteúdo para leitura e análise dos dados;
- CE4: Não foram selecionadas publicações duplicadas;
- CE5: Não foram selecionadas publicações que não foram revisadas por pares (literatura cinzenta, como teses, relatórios científico-técnico, livros, dentre outros materiais).

A extração dos dados, e os detalhes dos estudos foram armazenados em um formulário, disponível no link: <sup>10</sup>. Ao executar a *string* de busca nas bases de dados, foram retornados 122 estudos.

### 2.5.1.1 Resultados do Mapeamento Sistemático da Literatura

Ao conduzir o MSL, foi possível notar que a literatura indica maneiras de elicitar e visualizar requisitos para o desenvolvimento de sistemas IoT específicos de cada organização.

Com a execução da mesma *string* de busca em todas bases de dados, foram retornados 1.376 estudos, destes 96 duplicatas, totalizando 1.280 estudos para análise, sobre esse conjunto a aplicação dos filtros de leitura e critérios de inclusão e exclusão.

O resultado de cada base de dado é apresentado na Figura 2.7. O 1º filtro, resulta em 509 estudos incluídos para o próximo filtro. O 2º filtro destacam 181 estudos selecionados para o último filtro, o qual resultou em 18 estudos para extração dos dados. Neste processo, ainda foi conduzida a estratégia *backward snowballing*, adicionado mais 6 estudos para extração dos dados.

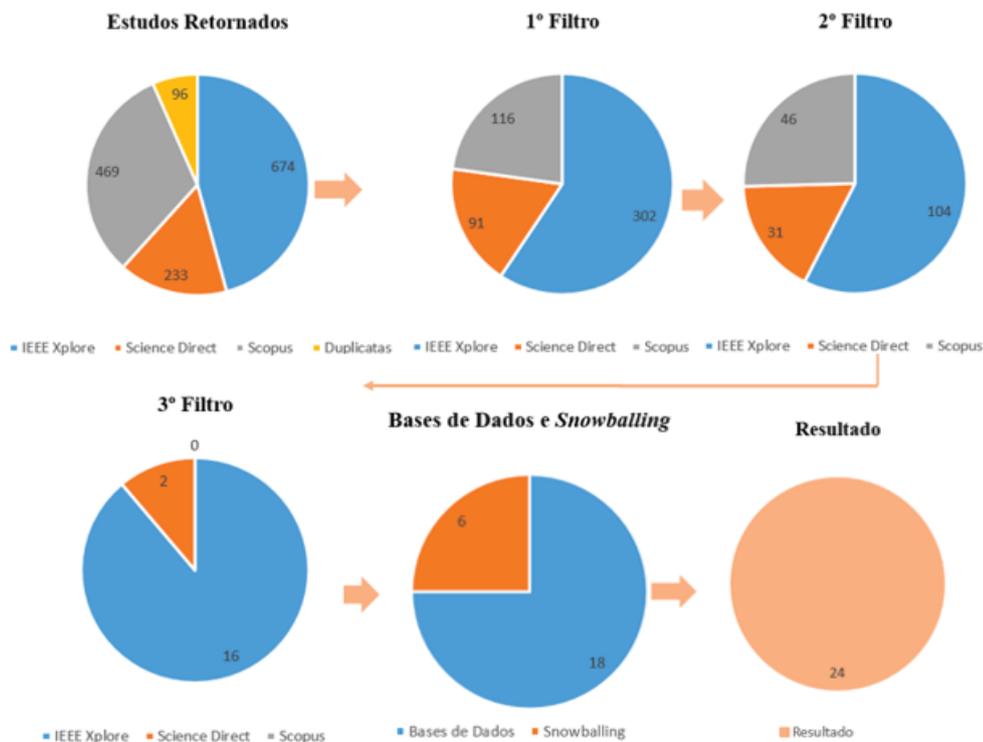


Figura 2.7: Seleção dos estudos

A Tabela 2.3 apresenta os estudos selecionados, sendo composta por duas colunas, ID (identificação) dos artigos, representados em ordem alfabética, e a descrição. Entre os estudos, foram identificados: 1 estudo em 2014, referente a estratégia *snowballing*, ID (E24) [Neisse et al., 2014] 1 estudo em 2015; 5 estudos em 2016; 3 estudos em 2017; 5 estudos em 2018; em 2019, 6 estudos; e em 2020 e 2021 1 e 2 estudos respectivamente. Os estudos primários selecionados são descritos em vários tipos de publicações, tais como: conferências, revistas, *workshops* e simpósios. O tipo com maior representação foi a conferência.

<sup>10</sup>[https://drive.google.com/drive/folders/1HOTuhs\\_n1JMMYGC\\_HVjG7aUuSGjLjSDQ?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1HOTuhs_n1JMMYGC_HVjG7aUuSGjLjSDQ?usp=sharing)

Os IDs de (E19) a (E24), referem-se aos estudos inseridos por meio da estratégia (snowballing): [Kaleem et al., 2019], [Carvalho et al., 2018], [Gregory, 2021], [Costa et al., 2016], [Patel e Cassou, 2015] e [Neisse et al., 2014].

A IoT se tornou um tema relevante, uma vez que viabiliza como as pessoas podem experimentar e usar a tecnologia em um protótipo, no entanto, existem desafios relacionados à identificação dos requisitos específicos de sistemas IoT [Souza Rodrigues et al., 2020].

De acordo com o estudo E1 [Silva et al., 2019] a construção de sistemas IoT requerem um processo definido incluindo atividades desde a elicitação de requisitos até a implantação do sistema de software. Para isso, na literatura foi possível identificar métodos para amparar na elicitação e especificação dos requisitos para um sistema IoT, como o trabalho relatado por [Reggio, 2018], apresenta uma versão do IotReq, um método para a elicitação e especificação dos requisitos para um sistema IoT.

A primeira tarefa sugerida pelo IotReq [Reggio, 2018] é modelar o domínio, usando a UML e seguindo o método orientado a serviços para elicitar e especificar os requisitos funcionais de sistemas IoT. O modelo proposto, fornece também indicações preliminares para a coleta e especificação de requisitos não funcionais relativos às tecnologias a utilizar, como interação entre os atores. É válido destacar neste estudo, o autor [Reggio, 2018] indica, que não há um conjunto de melhores práticas de engenharia de software para desenvolvimento de sistemas IoT.

O trabalho [Costa et al., 2017] propõe um modelo de domínio de requisitos para sistemas IoT. Destacam que os requisitos funcionais são representados por parâmetros como, variável detectada, localização, taxa de envio, e taxa de detecção. E os requisitos não funcionais são representados em parâmetros de qualidade de serviços, que são medidos com base em métricas específicas, relacionadas a métrica de nível de aplicativo, métrica de nível de serviço e métrica de nível de dispositivo, referendo-se a problemas de qualidade dos sistemas IoT.

Ainda nesta especificação, o trabalho [Robles-Ramirez et al., 2017] apresenta a necessidade de identificar os requisitos referentes as questões de segurança. Neste cenário, propõem requisitos de segurança encapsulados em uma nomenclatura, estereótipos UML para modelar atores comuns e extensões de notação UML. Pois os requisitos de segurança para sistemas IoT são relativos aos cenários e aplicações, devido aos usuários, atores, infraestrutura e ativos de segurança.

Apenas um estudo [Sundharam, 2019] relatou sobre a maneira de visualização dos requisitos de IoT (SQ2), por meio de paradigmas de modelagem de desenvolvimento de aplicações IoT. Os autores apresentaram um estudo de caso de um sistema de estacionamento inteligente, que detecta o carro estacionado e envia uma mensagem através de uma rede para um centro de controle, com base nos requisitos de alto nível da parte interessada. De acordo com os autores, o conjunto de requisitos funcionais e não funcionais das partes interessadas ajuda a definir melhor os requisitos do sistema para construir o produto.

Os trabalhos E4 [Kotronis et al., 2018] e E5 [Touzani e Ponsard, 2016] destacam que os requisitos de criticidade e requisitos temporais, permitem o gerenciamento eficaz dos aspectos críticos no projeto, implementação e implantação de um sistema IoT. O estudo [Touzani e Ponsard, 2016], reflete ainda, a identificação de requisitos espaciais, visto que os sistemas são onipresentes.

O estudo E6 [Santos et al., 2019], apresenta um mapeamento sistemático da literatura realizado para identificar requisitos para arquitetura de IoT. Foram identificados seis requisitos principais: (i) Entidades IoT, que se referem aos blocos de construção das aplicações, sejam dispositivos ou usuários; (ii) Serviços prestados e consumidos por entidades IoT, estando relacionados com funcionalidades da aplicação; (iii) Contexto social, que significa qualquer informação que possa ser usada para caracterizar uma pessoa, local ou objeto considerado

Quadro 2.3: Resultado Final dos Estudos - IoT

ID	Referência	Título
E1	[Reggio, 2018]	A UML-Based Proposal for IoT System Requirements Specification
E2	[Costa et al., 2017]	Specifying Functional Requirements and QoS Parameters for IoT Systems
E3	[Sundharam, 2019]	Modeling of High Level System Requirements An IoT Case-Study
E4	[Kotronis et al., 2018]	A Model-based Approach for Managing Criticality Requirements in e-Health IoT Systems
E5	[Touzani e Ponsard, 2016]	Towards Modelling and Analysis of Spatial and Temporal Requirements
E6	[Santos et al., 2019]	Identifying Requirements for Architectural Modeling in Internet of Things Applications
E7	[Robles-Ramirez et al., 2017]	IoTsec: UML Extension for Internet of Things Systems Security Modelling
E8	[Antonino et al., 2018]	Straightforward Specification of Adaptation Architecture-Significant Requirements of IoT-enabled Cyber-Physical Systems
E9	[Silva et al., 2019]	A Requirements Engineering Process for IoT Systems
E10	[Montiel-De Jesús et al., 2019]	Integral Platform to control and monitoring of potable water service in rural communities
E11	[Mouratidis e Diamantopoulou, 2018]	A Security Analysis Method for Industrial Internet of Things
E12	[Ruan e Wang, 2016]	The Timed Abstract State Machine Based Test Requirement Auto Generation for Embedded Systems
E13	[Karkouch et al., 2016]	A model-driven architecture-based data quality management framework for the internet of Things
E14	[Mouratidis e Diamantopoulou, 2018]	A Security Analysis Method for Industrial Internet of Things
E15	[Takai et al., 2020]	Continuous modeling supports from business analysis to systems engineering in IoT development
E16	[Gomes et al., 2017]	A modeling domain-specific language for IoT-enabled operating systems
E17	[Silva et al., 2021]	Supporting IoT-based applications to combat the Aedes aegypti mosquito: a case in Brazil
E18	[Choe et al., 2016]	SAVE: An Environment for Visual Specification and Verification of IoT
E19	[Kaleem et al., 2019]	A Review on Requirements Engineering for Internet of Things (IoT) Applications
E20	[Carvalho et al., 2018]	Catalog of Invisibility Requirements for UbiComp and IoT Applications
E21	[Gregory, 2021]	Requirements for the New Normal: Requirements Engineering in a Pandemic
E22	[Costa et al., 2016]	Modeling IoT Applications with SysML4IoT
E23	[Patel e Cassou, 2015]	Enabling high-level application development for the Internet of Things
E24	[Neisse et al., 2014]	A Model-Based Security Toolkit for the Internet of Things

relevante para o meio ambiente; (iv) Ambiente de Implantação , ou seja, o ambiente físico e/ou virtual no qual as aplicações são implantadas; (v) Atributos de Qualidade em relação às características não funcionais do aplicativo; e (vi) Adaptação Dinâmica , ou seja, a capacidade de adaptar aplicações em tempo de execução com mínima ou nenhuma interrupção, garantindo assim uma resposta adequada a diversos eventos em tempo de execução, bem como a satisfação de requisitos não funcionais como disponibilidade e qualidade.

Na literatura os estudos E1 - E6 - E12 - E24, apontam métodos para amparar na elicitação e especificação dos requisitos de sistemas IoT. Abordam o tema, os quais propõem estruturas conceituais para capturar e apresentar os requisitos, entretanto não apresentam nenhuma abordagem formal de Engenharia de Sistemas para desenvolver sistemas de IoT.

Neste contexto, os resultados do MSL visaram identificar os requisitos específicos para desenvolvimento de sistemas IoT. Com base nesses resultados, é claro que ainda falta clareza na identificação do requisitos específicos, visto que os 24 estudos selecionados apresentam apenas contribuições no processo de Engenharia de Requisitos, apenas 1 estudo apresentou um modelo de visualização dos requisitos, e nenhum estudo associou os requisitos a um modelo visual de prototipação para sistemas IoT.

Diante dos resultados, não há uma maneira ideal para elicitar e identificar os requisitos (QP1) e não há uma relação que indique quais são os requisitos necessários para o desenvolvimento de um sistema IoT (SQ1). Evidenciando a necessidade de uma estrutura com atividades pré-definidas que possam amparar no processo de concepção dos requisitos para sistemas IoT.

## 2.5.2 Uso do Design Socialmente Consciente no Desenvolvimento de Sistemas

Para execução do MSL, foi utilizada a *string* de busca: (*"Socially Aware Design"OR "Socially Aware Computing"OR "Socially Conscious Design"*) AND (*"Software development"OR "Information and Communication Technology"OR "ICT"OR "Information technology"*). A elaboração da questão principal de pesquisa e das subquestões são fundamentais para que o objetivo da pesquisa seja atingido e para nortear a construção da *string* de busca que identificará as evidências do uso do DSC como amparo no desenvolvimento das TICs. A Questão de Pesquisa (QP) é definida em:

- QP: Como o Design Socialmente Consciente pode influenciar no desenvolvimento das TICs?

A QP é amparada por três subquestões de pesquisa (SQ):

- SQ1: Quais pilares do DSC estão envolvidos no processo de desenvolvimento das TICs?
- SQ2: Houve alguma influência do DSC na elicitação dos requisitos?
- SQ3: Qual é a forma de trabalho dos envolvidos? (remota / presencial / híbrido)

Para amparar a seleção dos estudos foram adotados os procedimentos de seleção dos estudos e a definição dos critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE).

- CI1(a): O estudo deve apresentar evidências do uso de DSC no desenvolvimento das TICs;
- CI2: Publicações que apresentam o uso de pilares do design consciente para apoiar o desenvolvimento de TICs;

- CI3: Publicações que apresentam evidências do uso do DSC na fase de requisitos;
- CE1: Não foram selecionadas publicações que possuíam idiomas diferentes do Inglês e Português (idioma nativo);
- CE2. Não foram selecionadas publicações que não estavam disponíveis o conteúdo para leitura e análise dos dados;
- CE3: Não foram selecionadas publicações duplicadas;
- CE4: Não foram selecionadas publicações que não foram revisadas por pares, como teses, relatórios científico-técnico, livros, entre outros materiais.

O procedimento de seleção dos estudos foi dividido em três filtros distintos e complementares, a leitura do título e resumo, seguido por leitura da introdução e conclusão, e por fim leitura completa dos estudos. Os detalhes do MSL foram armazenados em formulários para suportar a extração de dados. Os formulários, apresentam o ID do estudo e informações referentes a questão de pesquisa e suas subquestões, e pode ser acessado através do link: <sup>11</sup>. A execução da *string* de busca nas bases, resultou em 69 estudos para serem analisados. As etapas de planejamento, a conduta de revisão, a análise dos resultados e as ameaças à validade dos MSLs estão disponibilizadas no Apêndice A.

#### 2.5.2.1 Resultados do Mapeamento Sistemático da Literatura: DSC

Com a execução da *string* de busca notou-se que a literatura aponta o uso dos conceitos de DSC em vários projetos. A fim de otimizar a análise e ressaltar o diferencial deste trabalho, foram explorados a aplicação de artefatos para atingir o sucesso no desenvolvimento e/ou soluções de produtos e serviços.

Totalizaram 69 estudos para análise, sendo 2 estudos duplicatas. Sobre esse grupo foram aplicados as estratégias de leitura: o 1º filtro (leitura do título e abstract) e os critérios de inclusão e exclusão, resultando em 31 estudos, prosseguindo para o 2º filtro (leitura da introdução e conclusão) e aplicação dos critérios, como resultado, 12 estudos selecionados para análise completa (3º filtro). Destes 12 estudos, 10 estudos preencheram os critérios estabelecidos, além disto foi aplicado a técnica de *snowballing*, identificando dois estudos, totalizando o MSL em 12 estudos como apresentado na Tabela 2.4.

A Figura 2.8 apresenta os resultados individuais das bases de dados, além da aplicação da técnica do *snowballing*, que resultou na identificação de um estudo de 2005 e 2010, os quais não se enquadram no filtro temporal. Entretanto devido a relevância para o tema DSC, os mesmos foram incluídos no resultado final do MSL. Assim, foram retornados, 1 trabalho publicado em 2005, 1 em 2010, 1 em 2015, 1 em 2016, 1 em 2017, 3 em 2018, 3 em 2019 e 1 em 2020, resultando no 12 estudos analisados.

Com a revisão foi possível identificar que os 12 estudos (Tabela 2.4) apresentaram o pilar da sustentabilidade implicitamente, além de abordarem os três níveis da cebola semiótica, formal, informal e técnico. Todos os estudos analisados relataram sobre significados, responsabilidades e compromissos dos envolvidos no processo, neste sentido entende-se que todos os trabalhos abordam a camada informal da cebola semiótica, respondendo assim a SQ1.

Observou-se que as técnicas do DSC influenciam no processo de desenvolvimento, a fim de deixar o processo/produto mais sustentável. O que ressalta a SQ2, pois foram encontradas

<sup>11</sup><https://bit.ly/3sLAiky>

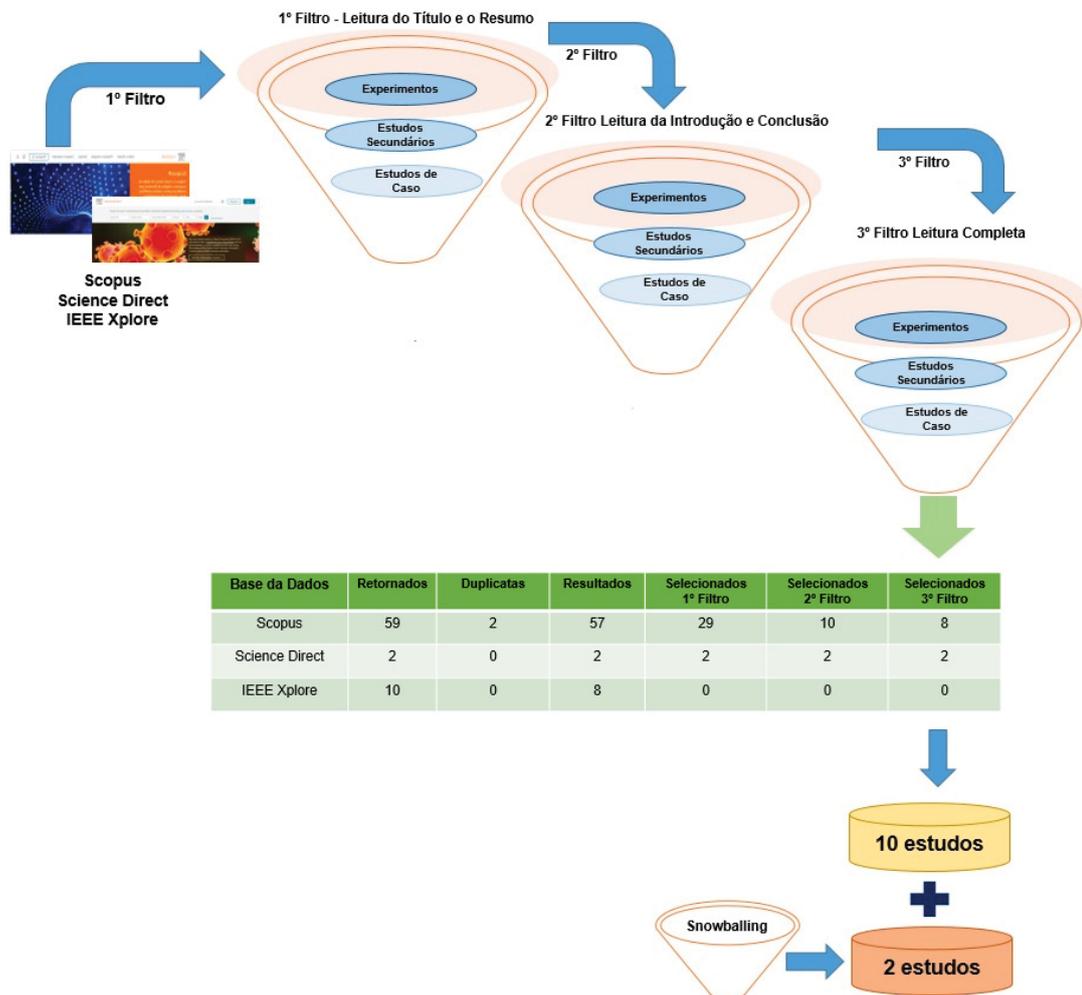


Figura 2.8: Fluxo de seleção dos estudos retornados. Fonte: A autora

Quadro 2.4: Resultado Final dos Estudos - DSC

ID	Referência	Título
01	[Buchdid et al., 2019]	Pro-IDTV: A sociotechnical process model for designing IDTV application
02	[Baranauskas et al., 2015]	A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive system
03	[Vinciarelli et al., 2009]	Social signal processing: Survey of an emerging domain
04	[Zeng et al., 2020]	A survey: Cyber-physical-social systems and their system-level design methodology
05	[Abascal e Nicolle, 2005]	Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware HC
06	[Piccolo e Pereira, 2019]	Culture-based artefacts to inform ICT design: foundations and practice
07	[da Silva et al., 2016]	SAwD -Socially Aware Design: An Organizational Semiotics-Based CASE Tool to Support Early Design Activities
08	[da Silva et al., 2018b]	Design Practices and the SAwD Tool: Towards the Opendesign
09	[Piya et al., 2017]	Co-3Deator: A team-first collaborative 3D design ideation too
10	[Ohler et al., 2018]	A structured approach to support collaborative design, specification and documentation of communication protocol
11	[Zanetti e Bonacin, 2014]	Uma Metodologia Baseada em Semiótica para Elaboração e Análise de Práticas de Ensino de Programação com Robótica Pedagógica
12	[Baranauskas, 2014]	Social Awareness in HCI

evidências do uso do DSC na fase de elicitação de requisitos para colaborar com o entendimento do problema e proposta de solução de acordo com o contexto social das partes interessadas.

Outro ponto destacado durante a análise dos estudos foi a forma de trabalho dos envolvidos (SQ3), como supramencionado a comunicação, interação e percepções entre os envolvidos tendem a aumentar a complexidade do desenvolvimento de um projeto, e a configuração organizacional seja presencial ou remota pode impactar nesse desenvolvimento. Neste sentido, apenas os trabalhos ID 10 [Ohler et al., 2018] e ID 12 [Baranauskas, 2014] relataram a configuração. O estudo ID 10 [Ohler et al., 2018] abordou uma forma organizacional híbrida, tanto remota quanto presencial, sendo ajustada de acordo com o cenário. Já o ID 12 [Baranauskas, 2014] destaca apenas a forma presencial.

Todos os trabalhos, objetos de estudo desta pesquisa apresentaram o uso de vários tipos de design, tais como design participativo, colaborativo, centrado no usuário, universal e socialmente consciente. Além disso, foram explorados os protótipos<sup>12</sup> dentro dos artigos encontrados.

O protótipo é um dos componentes do design. Pode ser desenvolvido em qualquer fase do design. Segundo [Camburn et al., 2017] existem vários objetivos ao utilizar um protótipo, tais como: refinamento, comunicação, exploração e *active learn* [Camburn et al., 2017].

Assim como o design de sistemas, o DSC demanda o uso de protótipos por vários motivos. Neste sentido o protótipo pode ser empregado porque representa o resultado final porém com custos menores (menor uso de recurso humano, material, processo e tempo).

Trata-se de uma ferramenta poderosa para promover uma taxonomia comum entre os diversos tipos de envolvidos existentes e suas demandas. Vale ressaltar que tal artefato além de demonstrar o resultado final possibilita sua otimização antes mesmo de produzi-lo. A taxonomia apresentada por [Camburn et al., 2017] aborda elementos de protótipos: exploratório, de comunicação e de refinamento.

Na Tabela 2.5 é apresentada a análise dos propósitos dos protótipos identificados nos trabalhos de acordo com os seguintes aspectos:

- Não relatado: O artigo não relatou nenhum protótipo empregado;
- Exploratório: O protótipo foi utilizado como ferramenta para investigar o objeto;
- Comunicação: O protótipo foi utilizado como ferramenta para que os designers pudessem transferir conhecimento sobre a possível solução;
- Refinamento: O protótipo foi utilizado para aperfeiçoamento do objeto.

Dois trabalhos analisados ([Baranauskas, 2014] e [Buchdid et al., 2019]) apresentaram um mínimo produto viável (MVP). Um MVP, segundo [Lenarduzzi e Taibi, 2016] é a implementação de uma versão do produto suficiente para que um usuário final escolhido possa utilizá-lo e fornecer feedback.

Os trabalhos identificados neste estudo relatam a efetividade do DSC aplicado ao desenvolvimento de TICs. Porém, não foram encontrados estudos mais aprofundados que explorem aspectos relacionados a interação dos envolvidos.

Outro aspecto associado aos trabalhos identificados foi que todos apresentam seus relatos de projeto em uma única iteração. Projetos de TIC tendem a exigir várias iterações, sendo

<sup>12</sup>De acordo com [Camburn et al., 2017], um protótipo é uma representação de uma pré-produção capaz de mostrar uma ou mais características do produto final. Este mesmo artigo descreve o uso de protótipos em diversos trabalhos seja para atrair investidores, seja para melhorar a produção, seja para relatar elementos arquiteturais, a ciência envolvida, entre outros [Camburn et al., 2017].

Quadro 2.5: Análise dos protótipos

ID	Propósito dos Protótipos
1	Exploratório + Comunicação
2	Exploratório + Comunicação + Refinamento
3	Não relatado
4	Exploratório + Comunicação
5	Não relatado
6	Exploratório + Comunicação + Refinamento
7	Exploratório + Comunicação
8	Não relatado
9	Exploratório + Comunicação
10	Não relatado
11	Exploratório + Comunicação + Refinamento
12	Exploratório + Comunicação + Refinamento

assim, a falta da existência de mais iterações pode indicar certa carência em publicações de projetos maiores fazendo o uso do DSC.

Uma limitação comum em todos os trabalhos foi o uso de ações de *brainstorming* presenciais. Todos os trabalhos apresentam em algum momento uma reunião presencial com os envolvidos. Esta ambientação é relatada presencialmente e tal ação pode não ser possível durante a pandemia ou em função das distâncias físicas entre os envolvidos. A distância física pode afetar diretamente os projetos de TIC, conforme relato de [L'Erario et al., 2020].

Ainda nesta linha, o DSC pode agrupar em uma reunião muitas pessoas o que pode ocasionar conflitos e conseqüentemente perda de escopo, por exemplo. Nenhum estudo demonstrou como combinar as pessoas envolvidas em grupos de reuniões com o propósito de mitigar os efeitos dos conflitos.

Todos os projetos identificados na literatura não demonstraram explicitamente preocupação de segurança da informação. Ao agrupar diversos envolvidos em um cenário colaborativo uma questão relacionada a privacidade das pessoas e também a dados da organização (dados estratégicos, por exemplo) não foram discutidas nos trabalhos.

Houve também uma importante abstração do propósito da aplicação do DSC no desenvolvimento de TICs. Trata-se de não somente apontar o direcionamento dos produtos e serviços de tecnologia, mas também de incluir a evolução da percepção dos envolvidos. Tal façanha ficou evidente nos trabalhos [Buchdid et al., 2019] [Baranauskas, 2014], nos quais os autores atentaram-se a regras culturais, enfatizando a necessidade de modificar uma inércia cultural existente na população. Esta abordagem conduz uma mudança de percepção e por isso acredita-se que o DSC possa ser empregado com sucesso na educação e treinamento.

Com a execução e os resultados do MSL, entende-se que todos os trabalhos antecederam um processo produtivo ou executavam uma linha paralela de execução a um processo já existente. O propósito do DSC nestes casos foi o de combinar, criar e modificar a percepção dos envolvidos. Todos os casos utilizaram uma tecnologia de design colaborativo ou participativo em função da natureza centrada no usuário [Clarke, 2020]. As ferramentas empregadas no processo de design permeiam a construção de protótipos cujo objetivo é provocar o usuário, o cliente ou outros envolvidos.

As ferramentas utilizadas nos trabalhos identificados adicionam ao projeto a capacidade de materializar artefatos sociais, tornando formal aspectos relacionados a percepções dos envolvidos.

Por ser uma abordagem nova e embasada nos apontamentos relatados neste trabalho percebe-se que a metodologia do DSC faz com que a geração de artefatos técnicos não se limite às funcionalidades, permitindo que os envolvidos em um projeto que utilizam o DSC se atentem aos impactos causados no contexto social para a criação de um design que se adeque melhor à situação.

Neste contexto, o uso da metodologia do DSC pode ser usado como um método para amparar a estrutura de concepção de requisitos do *framework*.

## 2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram apresentadas as definições e conceitos que amparam a definição e desenvolvimento do *framework* para concepção, modelagem e visualização dos requisitos para o desenvolvimento de protótipos para sistemas IoT.

A Seção 2.1, conceituou IoT e apresentou sua complexidade de desenvolvimento, devido as suas características específicas como adaptabilidade, conectividade, privacidade, inteligência, interoperabilidade. A descrição das características indicam que sua concepção, modelagem e visualização não é uma tarefa fácil. Para isso, a literatura aponta indícios de modelos e técnicas que podem capturar informação pertinentes aos sistemas IoT, porém não suficientes para mitigar os problemas identificados na comunicação entre os envolvidos sobre as especificações de sistemas IoT.

A Seção 2.3 apresentou as atividades da metodologia de DSC e a técnica de *brainstorming* como soluções para a concepção de requisitos. O DSC propõe práticas participativas, semioparticipativas e inclusivas que envolvem todos as partes interessadas.

O DSC prevê a realização de oficinas de design para levantamento dos requisitos relacionados aos valores sociais, humanos, econômicos, legais e técnicos. O processo de elicitação é iterativo, ou seja, inicia pelos requisitos do nível informal, caminha pelo formal até o técnico e faz-se o caminho de volta quantas vezes forem necessárias para compreensão total do contexto social e de problemas e soluções envolvidas [Baranauskas, 2014].

Além disso, a prática da técnica de *brainstorming* pode auxiliar as partes interessadas a terem uma visão comum do projeto. Neste cenário, o uso das atividades propostas em DSC e *brainstorming* amparam na concepção dos requisitos.

Como mencionado na Seção 2.3, algumas vezes são identificadas lacunas na comunicação entre as partes interessadas de um projeto, muitas vezes causadas pela forma como os requisitos são descritos e interpretados. Para amparar na modelagem visual dos requisitos são necessários métodos eficientes para obter um entendimento comum dos requisitos. Na Seção 2.3 os modelos de HQ e Diagramas UML, foram apresentados como forma de modelagem de requisitos. Os princípios e técnicas de HQs poderão facilitar a compreensão dos requisitos concebidos. Destaca-se que o modelo de HQs atua como uma forma de representação dos requisitos, pois apresenta as iterações do sistema, tornando-o mais compreensível para as partes interessadas envolvidas e reduzem seu nível de complexidade [Nadeem et al., 2022].

Os Diagramas UML são utilizados para identificar e expressar como os usuários devem interagir com os sistemas IoT. A modelagem com Diagramas UML poderão auxiliar na representação e identificação dos requisitos específicos de IoT.

Com o objetivo de visualizar protótipos gerados por meio dos requisitos concebidos e modelados com as atividades pré-definidas de cada estrutura, a Seção 2.4 aponta o uso da tecnologias de Realidade Estendida para amparar a visualização de protótipos de sistemas IoT.

Na sequencia a Seção 2.4.1, mapeou o uso da tecnologia de RE em desenvolvimento de sistemas IoT. A literatura ainda se encontra em estágios iniciais, indicando, na maioria da vezes

apenas conceitos de utilização. Diante dos resultados mapeados na literatura, aposta-se que a tecnologia de RE poderá representar uma forma visual de interação para reduzir as ambiguidades e conflitos advindos na concepção e modelagem dos requisitos e na comunicação efetiva entre as partes interessadas envolvidas.

### 3 O FRAMEWORK

Este capítulo apresenta o *framework* desenvolvido para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos de sistemas. A organização do capítulo está dividida em, Seção 3.1, é apresentada a visão geral do *framework*, incluindo seu propósito, os princípios que o sustentam e os desafios que motivaram sua construção. Em seguida, a Seção 3.2 apresenta os materiais de apoio e complementares ao *framework*. A Seção 3.3 detalha a estrutura do *framework*, distribuída em três subseções, a Subseção 3.3.1, aborda a concepção de requisitos, fundamentada no DSC e *brainstorming*, promovendo atividades que incentivam a reflexão coletiva sobre o problema e as partes interessadas envolvidas; a Subseção 3.3.2, trata da modelagem de requisitos, explorando representações visuais acessíveis, como Histórias em Quadrinhos e diagramas UML com o perfil Marte; a Subseção 3.3.3 apresenta a visualização de Requisitos, incorporando tecnologias de Realidade Estendida como apoio à imersão e validação dos requisitos e; por fim a Seção 3.4, relata as ameaças à validade do nosso *framework*.

#### 3.1 VISÃO GERAL

O *framework* pode ser adotado como ferramenta de apoio ao ensino e treinamento, oferecendo uma abordagem orientada à prática para estudantes, profissionais em formação e equipes multidisciplinares, ao realizar atividades do DSC, representar graficamente os requisitos e promover a dos requisitos em plataforma de visualização com RE. A Figura 3.1 apresenta a visão geral do *framework*, desenvolvido e dividido em três etapas para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT.

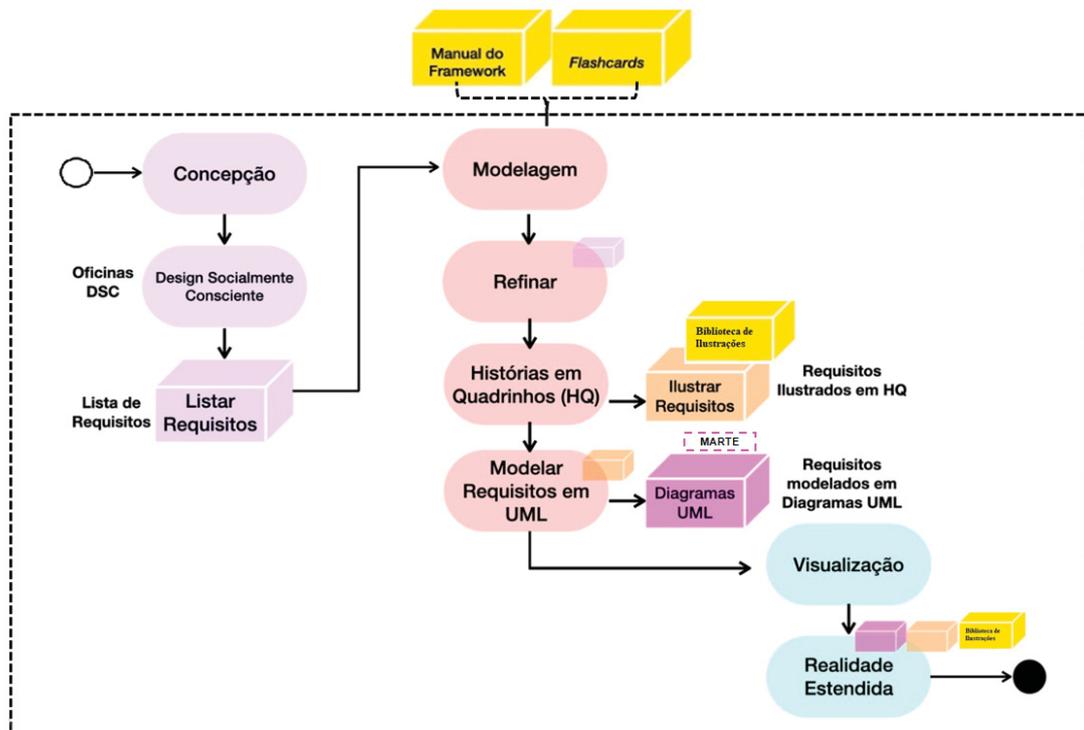


Figura 3.1: Visão Geral do *framework*

A primeira etapa, concepção, é baseada nos princípios do Design Socialmente Consciente. Nela, são conduzidas oficinas colaborativas com os envolvidos do projeto IoT, buscando compreender o escopo do problema, o contexto envolvido e as necessidades dos usuários. Ao final dessa etapa, é gerada uma lista de requisitos iniciais, que sintetiza as demandas levantadas e serve de insumo para as fases posteriores.

A etapa de modelagem visa refinar os requisitos e representá-los graficamente. Inicialmente, os requisitos passam por uma atividade de refinamento. Em seguida, a modelagem ocorre em dois níveis, um narrativo, por meio da criação de Histórias em Quadrinhos e, outro com a construção de Diagramas UML e estereótipos do perfil Marte.

As narrativas visuais ajudam a ilustrar os requisitos identificados, por meio de roteiros, personagens e cenários. Posteriormente, os requisitos são modelados em UML, com a seleção e elaboração de diagramas adequados ao contexto como diagramas de casos de uso, gerando representações dos requisitos do sistema IoT. Além disso, nessa etapa também pode ser utilizado o perfil Marte, que amplia a expressividade dos diagramas ao incorporar elementos específicos para sistemas com restrições temporais.

A etapa de visualização, consiste na projeção dos requisitos modelados em plataformas de visualização com a tecnologia de Realidade Estendida. Essa visualização permite que os participantes interajam com os cenários construídos

É válido destacar que, na parte superior da Figura 3.1, estão posicionados dois blocos externos, na cor amarela, à área pontilhada: o manual do *framework* e os *flashcards*. A posição desses elementos fora do contorno indica que são recursos opcionais, ou seja, não fazem parte diretamente das etapas do processo, mas podem ser utilizados em qualquer etapa para apoiar os participantes na execução das atividades. Esses materiais são detalhados nas Subseções 3.2.1 e 3.2.2.

Além desses blocos, dentro da área pontilhada da Figura 3.1, destaca-se um bloco adicional em amarelo: a Biblioteca de Ilustrações. Embora opcional, esse recurso pode ser utilizado para auxiliar na etapa de criação das HQs, fornecendo elementos gráficos que facilitam a construção visual das narrativas. Além disso, também pode ser utilizado na fase de visualização em RE, contribuindo para enriquecer os cenários interativos com componentes visuais, promovendo coesão entre as representações narrativas e a visualização. Esse material é detalhado na Subseção 3.2.3.

Embora os materiais, sejam recursos opcionais, sua utilização é recomendada por contribuírem para enriquecer e facilitar a aplicação prática das etapas do *framework*.

## 3.2 MATERIAIS

Para apoiar a aplicação prática das etapas propostas no *framework*, desenvolvemos materiais complementares. Esses recursos têm como objetivo facilitar a compreensão dos conceitos, orientar a execução das atividades e ampliar o engajamento dos participantes ao longo do processo.

Durante todas as etapas, os usuários têm à disposição o manual do *framework* e os *flashcards*, que funcionam como recursos de apoio para consulta, reforço conceitual e inspiração durante as atividades. Além disso, nas etapas de modelagem e visualização, também está disponível a Biblioteca de Ilustrações, que oferece elementos gráficos reutilizáveis, como sensores, fonte de energia, objetos inteligentes e outros, para apoiar a construção das histórias em quadrinhos e a composição visual dos ambientes de Realidade Estendida, contribuindo para a coesão e expressividade das representações.

Cada módulo apresentado nas Figuras 3.8, 3.9 e 3.10, foi projetado de forma modular e autônoma. Tal característica é simbolicamente representada pela presença dos ícones de início e fim em cada um dos fluxos. Essa abordagem modular contribui para a flexibilidade de aplicação do *framework*, permitindo que os usuários possam iniciar por diferentes pontos, retomar etapas específicas, ou utilizar módulos independentes de acordo com os objetivos da atividade.

### 3.2.1 O Manual

A criação do Manual do *framework* para amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas IoT surgiu da necessidade de fornecer um material de apoio estruturado, acessível e replicável para orientar profissionais, pesquisadores e estudantes na aplicação prática do modelo proposto. O Manual do *framework* está disponibilizado no Apêndice C.

O manual representa a documentação do *framework*, contribuindo para o fortalecimento de sua validade, confiabilidade e replicabilidade. Pode ser configurado como um material de referência para os interessados. O manual, nesse contexto, oferece uma estrutura clara e flexível, que guia a aplicação do *framework* sem engessá-lo, permitindo personalizações conforme o contexto de aplicação e as necessidades da equipe.

Além disso, o manual conta com um guia de uso, que explica como utilizá-lo em conjunto com o *framework*. Esse guia apresenta orientações sobre como interpretar cada seção do documento, em que momento utilizar os materiais de apoio (como os *flashcards* e a biblioteca de ilustrações), sugestões para facilitar o entendimento. O objetivo é ampliar a usabilidade do material.

A principal contribuição do manual, é complementar o *framework*, funciona como um guia, capaz de conectar teoria e prática, conceitos e execução, promovendo a concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT.

### 3.2.2 Os *Flashcards*

Após o desenvolvimento do *framework* e do manual, surgiu a necessidade de criar um material opcional para apoiar a aplicação prática e o engajamento dos participantes, assim foram desenvolvidos os *flashcards*.

A criação dos *flashcards* foi motivada pela observação de que, embora o *framework* já contasse com uma estrutura metodológica definida e um manual detalhado, alguns conceitos poderiam se beneficiar de uma abordagem mais interativa e acessível.

Os *flashcards* foram organizados por cores distintas, de acordo com a etapa correspondente do *framework*. Os *cards* relacionados à etapa de concepção de requisitos agrupam atividades que envolvem o DSC, como o Pré-requisito e Diagrama das Partes Interessadas. Cada carta apresenta uma definição do conceito abordado, seguida de exemplos práticos que orientam sua aplicação durante as oficinas e processos colaborativos.

Na etapa de modelagem de requisitos, os *flashcards* abordam a criação de artefatos como as HQs, que favorecem representações narrativas e os diagramas UML com a opção da extensão do perfil, que proporcionam a modelagem dos requisitos.

Por fim, os *flashcards* da etapa de Visualização, apresentam conceitos e exemplos relacionados à construção de cenários interativos em plataformas de visualização com a tecnologia de Realidade Estendida.

Para ampliar ainda mais a clareza e a navegabilidade entre os *cards*, cada *flashcard* recebeu uma numeração sequencial e um símbolo gráfico (naipes) representando sua etapa no processo (ex: coração, losango, entre outros).

Essa estruturação visual e conceitual dos *flashcards* visa tornar a aplicação do *framework* mais fluida e engajadora para diferentes perfis de usuários, fortalecendo o processo de ensino-aprendizagem, a criação de soluções e a compreensão dos requisitos de sistemas IoT de forma socialmente consciente.

Os *flashcards* apresentados nas Figuras 3.2, 3.3, 3.4 e 3.5 são exemplos ilustrativos do material de apoio criado para acompanhar a aplicação do *framework* proposto para o desenvolvimento de sistemas IoT. Eles foram concebidos com o objetivo de guiar, instigar e facilitar a reflexão dos participantes ao longo das etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos, promovendo uma abordagem mais acessível, visual e interativa.

O primeiro exemplo, Figura 3.2, refere ao tema "Pré-requisitos IoT", especificamente sobre sensores. O *card* frontal apresenta a pergunta provocativa "**Um sensor ajudaria?**", estimulando os participantes a refletirem sobre a necessidade de sensores no sistema IoT em desenvolvimento. O verso do *card* explica o conceito de sensor e seu funcionamento, com exemplo para sensores de presença.

O segundo exemplo, Figura 3.3, trata do "Diagrama das Partes Interessadas", um artefato do Design Socialmente Consciente. A frente explica o objetivo do diagrama, mapear quem será impactado pelo sistema, e o verso complementa com um exemplo visual aplicado ao contexto de uma cidade inteligente, mostrando a distribuição das camadas de stakeholders.

O terceiro *card*, apresentado na Figura 3.4, aborda a etapa de modelagem com Histórias em Quadrinhos. O *card* frontal apresenta uma pergunta-chave, "**Como usar HQs para definir Requisitos Funcionais IoT?**", enquanto o verso instrui os usuários a criarem uma história, detalhando a interação do usuário com o sistema, passo a passo.

E o quarto, Figura 3.5, está relacionado à etapa de visualização com Realidade Estendida. O *card* frontal questiona a viabilidade de representar um diagrama de caso de uso por meio de RE. O verso, explica que elementos do diagrama podem ser projetados em ambientes virtuais e interativos, promovendo a compreensão das relações entre atores e casos de uso. Além disso, o verso conecta esse *card* com outros, criando uma ligação entre as instruções, promovendo a continuidade e integração das etapas do *framework*.

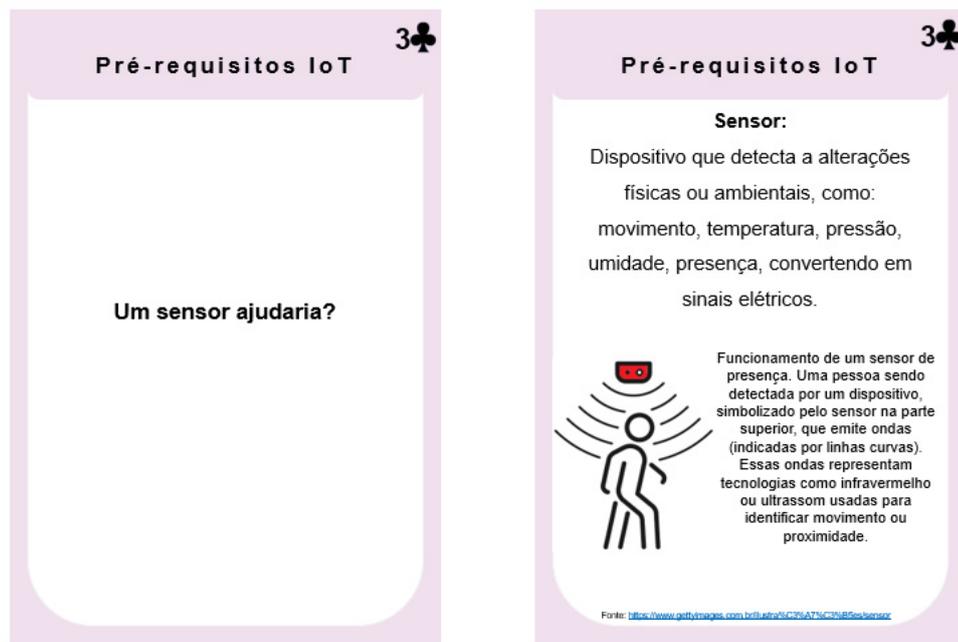


Figura 3.2: Exemplo de uma carta de Pré-Requisitos do *flashcard*

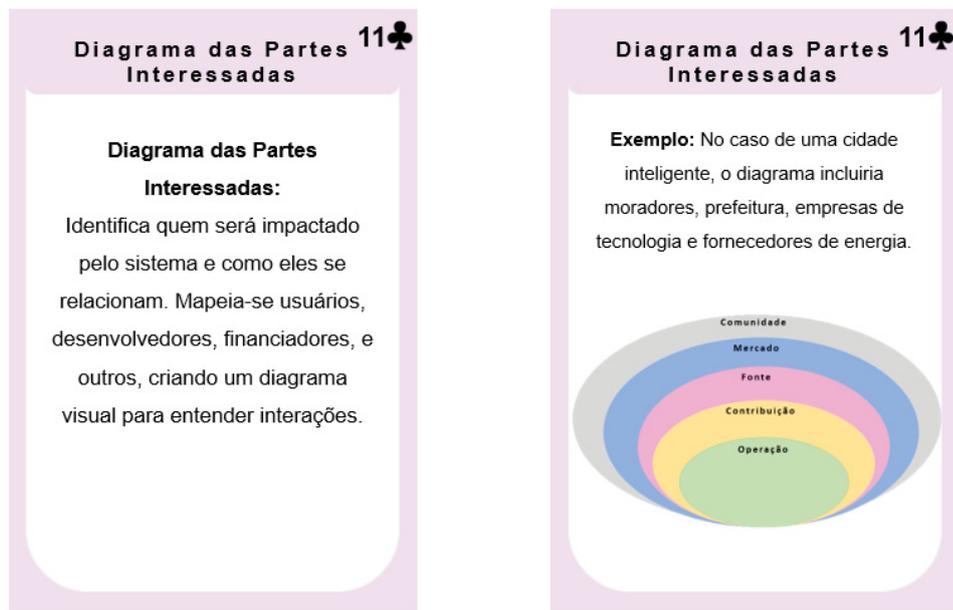


Figura 3.3: Exemplo de uma carta do DSC do *flashcard*

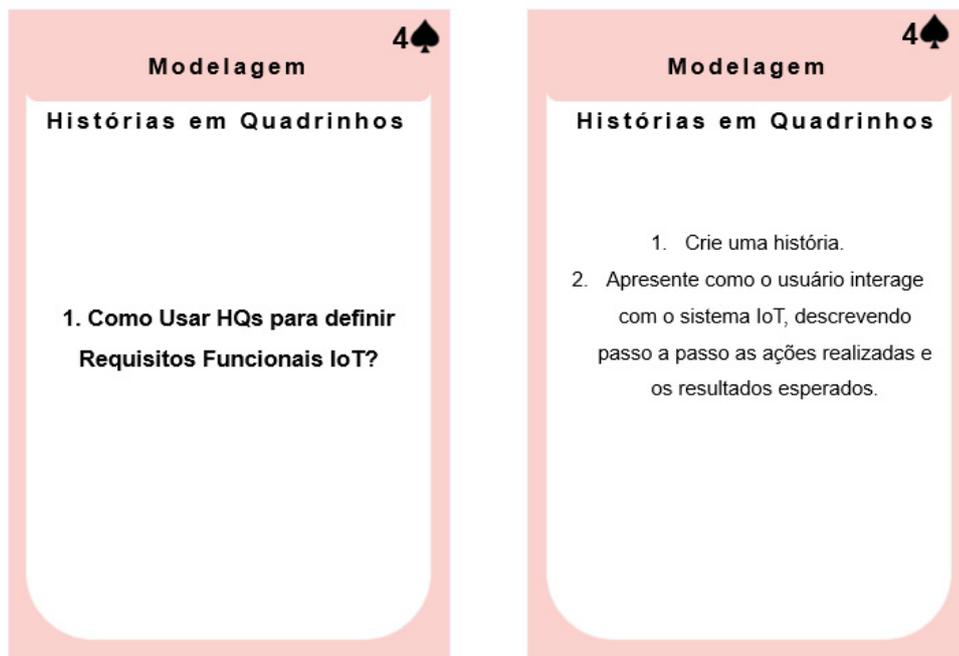


Figura 3.4: Exemplo de uma carta de Modelagem do *flashcard*

Além disso, o uso dos *flashcards* permite aproximar diferentes perfis de usuários, tornando o processo de concepção e modelagem de sistemas IoT participativo. Os *flashcards* são apresentados no Apêndice C.

### 3.2.3 Biblioteca de Ilustrações

Além dos materiais complementares desenvolvidos, como o manual do *framework* e os *flashcards*, há também a disponibilidade de uma biblioteca de ilustrações criada com o intuito de apoiar as etapas de modelagem e visualização de requisitos. Essa biblioteca contém elementos

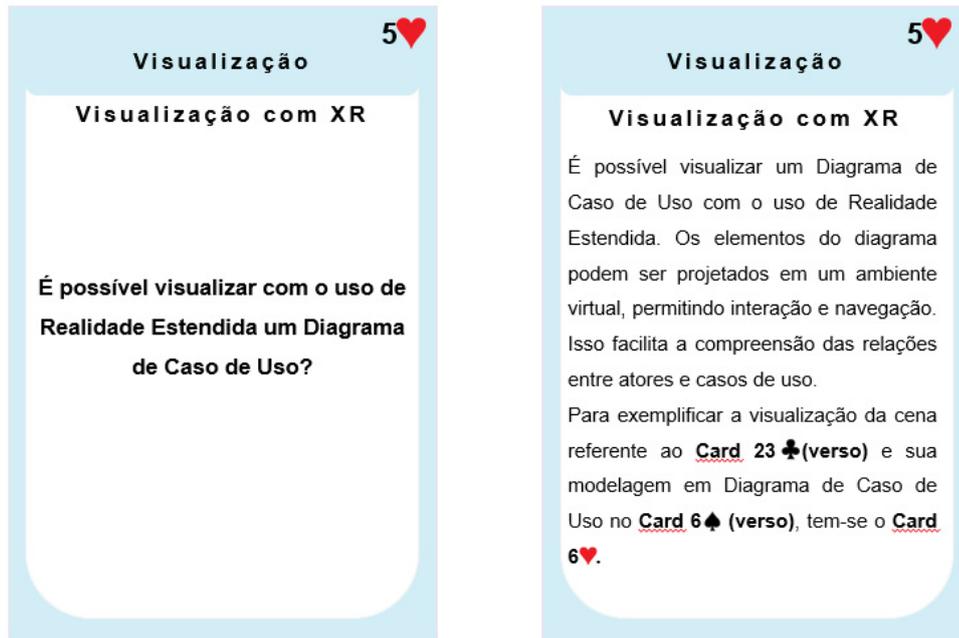


Figura 3.5: Exemplo de uma carta de Visualização do *flashcard*

visuais como personagens, dispositivos, sensores, ambientes e objetos do cotidiano, permitindo representar, de forma acessível e lúdica, os principais aspectos dos sistemas IoT.

Durante a modelagem, essas ilustrações podem ser utilizadas na criação de HQs, facilitando a compreensão dos fluxos de interação e dos comportamentos esperados pelos usuários. Já na etapa de visualização, os elementos da biblioteca podem ser incorporados nas plataformas de visualização, para a construção de cenários imersivos que espelham os requisitos definidos.

A biblioteca de ilustrações apresentada na Figura 3.6, pode facilitar o entendimento entre participantes promovendo clareza na comunicação e contribuindo para o alinhamento das expectativas entre desenvolvedores e usuários. Cada elemento da ilustração (Figura 3.6) representa um componente essencial do ecossistema IoT

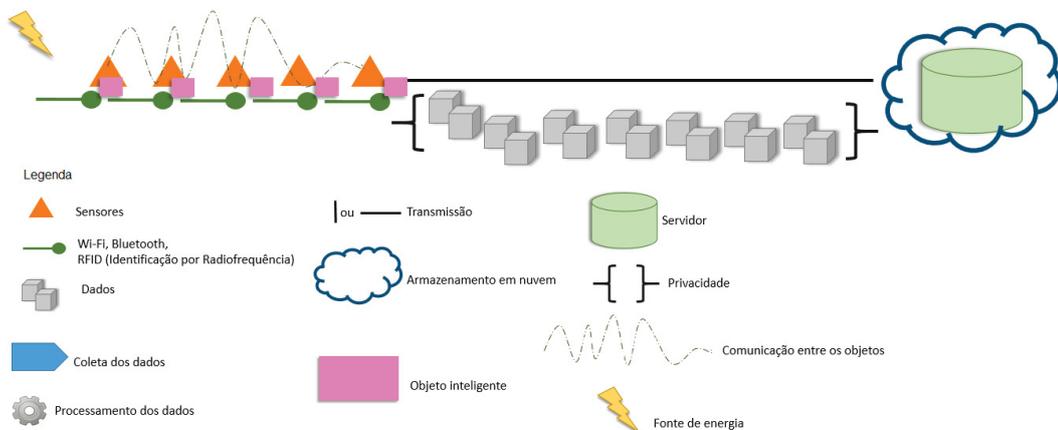


Figura 3.6: Biblioteca de Ilustrações

Os elementos gráficos apresentados na Figura 3.6 foram criados para representar alguns componentes e etapas envolvidas em um sistema de IoT.

Entre os elementos representados, destacam-se os sensores, ilustrados como triângulos na cor laranja, responsáveis pela captação dos dados provenientes do ambiente físico, como temperatura, umidade e presença. Esses sensores estão acoplados a objetos inteligentes, representados por retângulos rosa. A comunicação entre esses dispositivos ocorre por meio de tecnologias sem fio, como Wi-Fi e Bluetooth, representados por uma linha verde conectada por círculos, simbolizando a rede de transmissão. A troca de dados entre os dispositivos é indicada por uma linha preta (ou segmentada), representando o fluxo contínuo de informações pela rede. Os dados são simbolizados por pequenos cubos cinza, e podem ser armazenados em servidores, representados por cilindros verdes, ou em ambientes de nuvem, ilustrados por uma nuvem azul.

Adicionalmente, os elementos relacionados à segurança e privacidade, simbolizados por chaves entre colchetes. A comunicação entre os objetos é ilustrada por uma linha tracejada verde com padrão de onda. Ainda nessa ilustração (Figura 3.6), é apresentado o processo de coleta dos dados, indicado por uma seta azul, enquanto o processamento dos dados é representado por uma engrenagem cinza. Por fim, a fonte de energia, necessária para o funcionamento dos dispositivos inteligentes, é simbolizada por um ícone de raio amarelo.

A utilização desses recursos gráficos nas etapas de modelagem em HQ e visualização, visam facilitar a compreensão e representação visual das funcionalidades e fluxos de um sistema IoT.

### 3.3 ETAPAS

O *framework* foi desenvolvido de forma iterativa, com a intenção de criar um modelo aplicável e que apoiasse desde a elucidação até a visualização dos requisitos para sistemas IoT.

O Diagrama de Atividades apresentado na Figura 3.7, descreve a condução das três etapas que compõem o *framework*. Cada fase é composta por um conjunto de atividades, que visam promover a colaboração, a interdisciplinaridade e a compreensão dos requisitos do sistema de IoT. O processo é apoiado por um conjunto de recursos complementares e opcionais: o manual do *framework*, os *flashcards*, a biblioteca de ilustrações e uma orientação sobre como utilizar o manual.

O Diagrama de Atividades (Figura 3.7), organiza o processo do *framework*, além de evidenciar a integração entre abordagens de DSC, as narrativas de HQ, as técnicas de UML e tecnologia de RE. Torna visível o percurso, desde a concepção até a visualização dos requisitos do sistema IoT.

#### 3.3.1 Concepção de Requisitos

A etapa de Concepção (baseada em Design Socialmente Consciente), tem como objetivo identificar e compreender o problema, bem como as necessidades dos usuários, a partir de oficinas participativas, *brainstorming* e participação ativa dos diversos interessados. Essa abordagem permite capturar requisitos que consideram o contexto social, cultural e humano, promovendo soluções mais contextualizadas.

Para a condução das oficinas sob a abordagem do DSC, a presença de um facilitador é fundamental para mediar o processo colaborativo entre os envolvidos. Esse profissional é responsável por conduzir as dinâmicas, incentivar a participação equitativa, promover o diálogo entre e assegurar o alinhamento com os objetivos da oficina.

A Figura 3.8, apresenta de forma detalhada as atividades da etapa de concepção.

- **Atividade 1/con:** Apresentação do escopo e contexto para os participantes. Nesta atividade introdutória, o facilitador apresenta aos envolvidos o escopo do projeto,

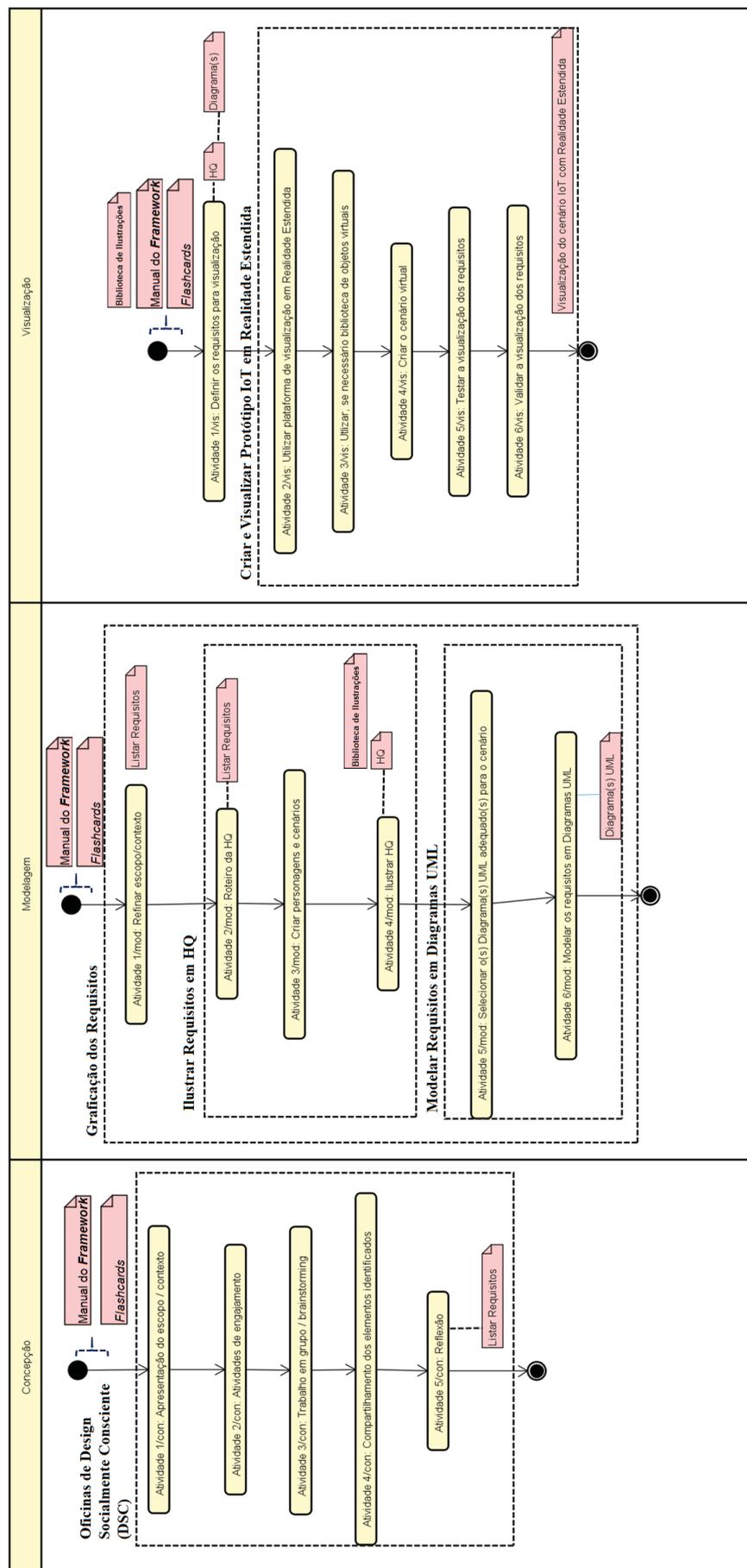


Figura 3.7: Diagrama de Atividades do *framework*

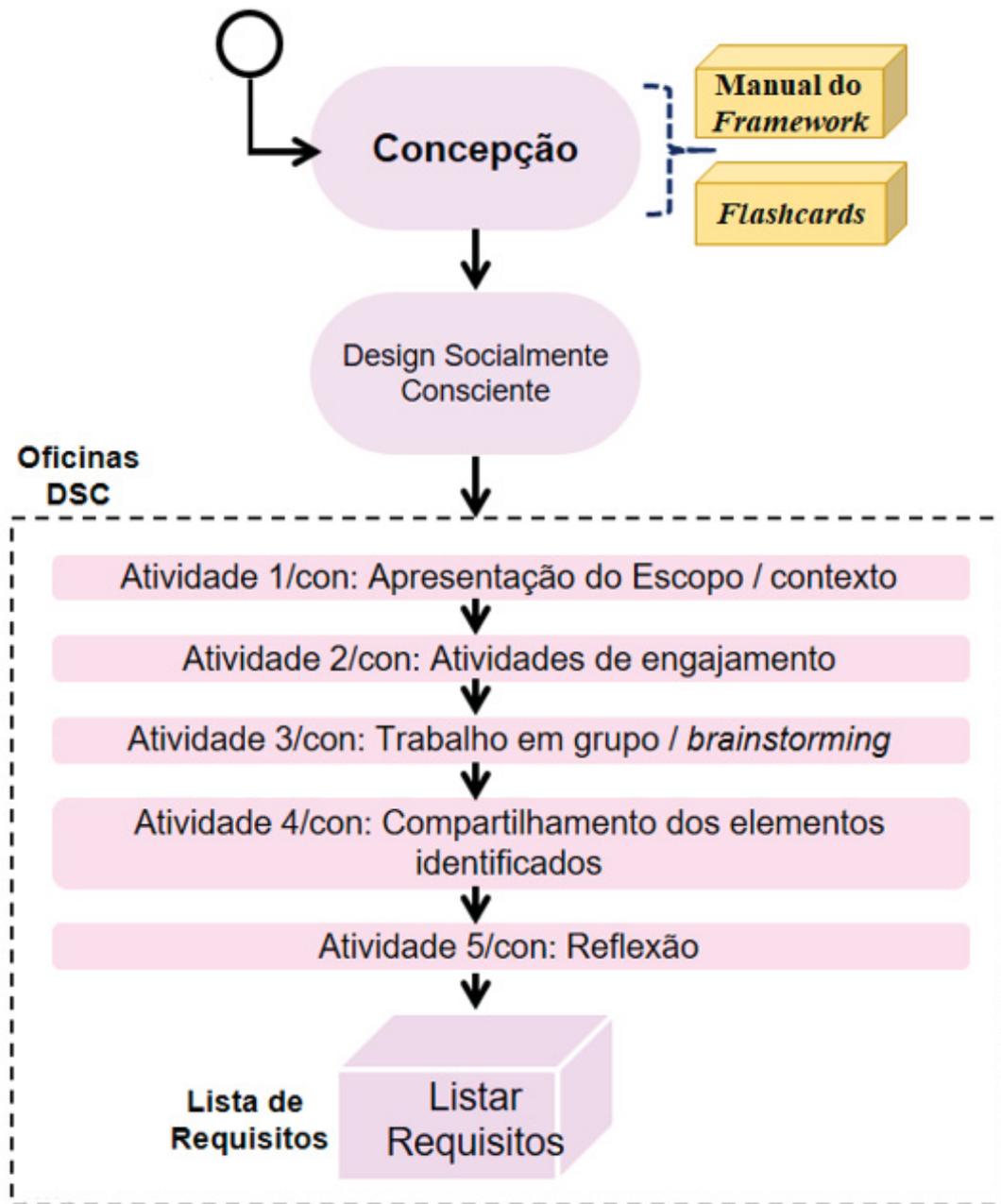


Figura 3.8: Etapa de Concepção de Requisitos

esclarecendo o propósito da oficina e os objetivos da aplicação a ser desenvolvida. São fornecidas informações sobre o domínio do problema, os limites da solução e os aspectos gerais do sistema IoT a ser projetado. Essa contextualização inicial é fundamental para alinhar o entendimento dos envolvidos e estabelecer um ponto de partida comum;

- **Atividade 2/con:** Engajamento por meio de dinâmicas interativas. Após a apresentação do escopo, são realizadas atividades de sensibilização e engajamento. Essas dinâmicas têm como finalidade aproximar os envolvidos do projeto, promover a empatia e estimular o pensamento crítico e criativo. Nesta atividade, podem ser utilizadas dinâmicas breves, apresentação de exemplos de sistemas similares ao escopo ou vídeos;

- **Atividade 3/con:** *Brainstorming* em grupo para levantar ideias iniciais. Nesta fase, os envolvidos são divididos em grupos (comumente grupos de 4 a 6 pessoas) para realizarem sessões de *brainstorming*. Cada grupo deve levantar ideias, percepções, preocupações e sugestões relacionadas ao problema apresentado. O uso de marcadores coloridos é incentivado para representar diferentes perfis de partes interessadas e temas emergentes. O objetivo é gerar um grande volume de contribuições de forma livre e não crítica, respeitando a diversidade de perspectivas;
- **Atividade 4/con:** Compartilhamento dos elementos identificados. Após o trabalho em grupo, os envolvidos devem compartilhar os elementos, requisitos ou artefatos que foram levantados. Essa troca permite ampliar a visão sobre o problema, identificar pontos em comum e observar contradições ou lacunas entre as percepções dos grupos;
- **Atividade 5/con:** Reflexão conjunta sobre o conteúdo produzido. A última atividade da oficina consiste em uma breve reflexão coletiva. Os envolvidos são convidados a comentar sobre o que aprenderam, como a atividade influenciou sua percepção do problema e o que ainda precisa ser melhor compreendido.

**Resultado:** geração de uma Lista de Requisitos iniciais. Como resultado consolidado dessa fase, gera-se uma lista de requisitos, a partir dos apontamentos identificados nas atividades desta etapa. Esta lista de requisitos serve como entrada para a próxima etapa do *framework*, a modelagem de requisitos.

### 3.3.2 Modelagem de Requisitos

A partir da lista de requisitos, tem início a transição para a etapa de modelagem. Essa etapa tem como função transformar os requisitos elicitados na fase de concepção em representações visuais e formais. A Figura 3.9 apresenta uma sequência de atividades organizadas em três momentos principais: o refinamento da lista de requisitos, a ilustração narrativa por meio de HQs e a modelagem em Diagramas UML com apoio dos estereótipos do perfil Marte. Nesse processo, a biblioteca de ilustrações se configura como um recurso complementar que disponibiliza elementos gráficos que podem ser incorporados na criação das HQs.

As atividades da etapa de modelagem que consiste em:

- **Refinamento dos Requisitos**
  - **Reavaliação e detalhamento do escopo.** Esta atividade tem como objetivo revisar e aprofundar a compreensão do problema, das funcionalidades esperadas e do contexto de uso do sistema IoT. Quando disponível, a lista de requisitos obtida na etapa de concepção pode ser retomada como ponto de partida. No entanto, considerando a natureza modular do *framework*, essa atividade também pode ser realizada de forma autônoma, com os participantes identificando ou reelaborando os elementos necessários para a modelagem. Esse refinamento contribui para reduzir ambiguidades e fornece uma base sólida para as representações visuais e formais subsequentes.
- **Ilustração em HQ.** O uso de HQs é introduzido como um recurso acessível, criativo e colaborativo para representar, de forma narrativa e visual, os requisitos do sistema. Esse processo é complementado pelo uso da biblioteca de ilustrações, facilitando a composição das cenas e contribuindo para a expressividade e padronização das representações.

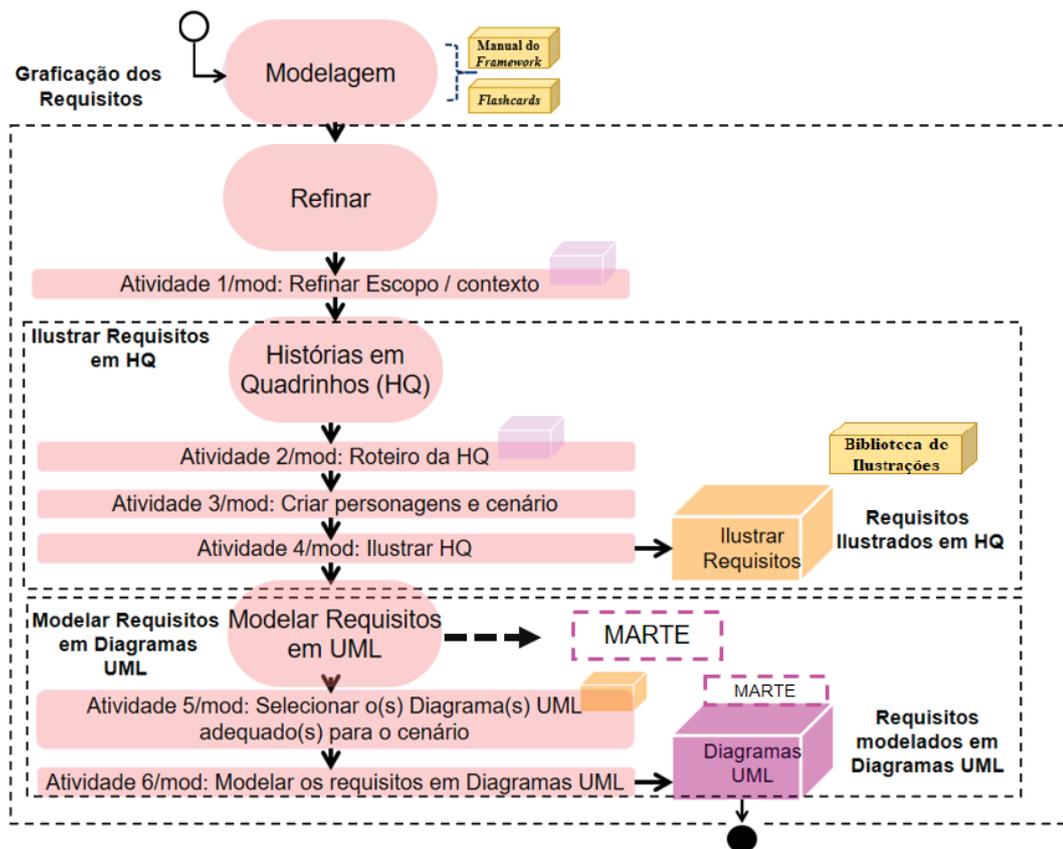


Figura 3.9: Etapa de Modelagem de Requisitos

- **Atividade 2/mod:** Roteiro da HQ. Os envolvidos nesta etapa, são convidados a escrever o roteiro da HQ, descrevendo de forma sequencial como o usuário interage com o sistema. Essa descrição inclui ações, reações e expectativas, e deve refletir diretamente os requisitos levantados e refinados.
- **Atividade 3/mod:** Criação de personagens e cenário. Para esta atividade, os envolvidos definem os personagens que compõem a narrativa e os cenários onde as interações ocorrerão. A construção visual desses elementos contribui para contextualizar o uso do sistema.
- **Atividade 4/mod:** Ilustração final da HQ. Com base no roteiro e nos elementos visuais criados, os envolvidos criam a sua HQ, referente ao requisito selecionado. Para a criação da HQ, pode ser utilizado ferramentas digitais, materiais impressos e/ou recortes ou papel e caneta para desenhar. A HQ deve demonstrar o funcionamento do sistema IoT em situações reais de uso.

**Resultado:** Requisitos representados de forma lúdica e visual (HQ). O produto desta atividade é um conjunto de requisitos ilustrados em HQ.

- **Modelagem em UML:** após representar os requisitos por meio da HQ, a proposta é transformá-los em Diagramas UML com a opção dos estereótipos de Marte, para tratar aspectos temporais, comportamentais e estruturais específicos de sistemas IoT.
  - **Atividade 5/mod:** Com o auxílio do manual e dos *flashcards*, os envolvidos analisam os requisitos narrados na HQ e o cenário de uso representado, a fim de

selecionar os diagramas UML mais apropriados à modelagem do sistema. Essa escolha considera o tipo de informação que se deseja evidenciar: diagramas de casos de uso são indicados para representar as funcionalidades do sistema do ponto de vista do usuário; diagramas de atividades auxiliam na descrição do fluxo de processos; diagramas de sequência detalham a interação entre objetos ao longo do tempo; entre outros. A seleção adequada dos diagramas contribui para uma representação clara, coerente e tecnicamente útil dos requisitos, apoiando tanto a comunicação entre os envolvidos quanto etapas posteriores de desenvolvimento. É recomendado o uso da extensão do perfil Marte, especialmente quando há requisitos relacionados ao tempo, por exemplo.

- **Atividade 6/mod:** Modelagem dos requisitos. Nessa etapa, os requisitos são detalhadamente representados por meio de modelos visuais. Os envolvidos no projeto criam diagramas que ilustram as interações entre os usuários e o sistema, as ações realizadas, as condições que influenciam o comportamento e os fluxos de processos. Esses diagramas ajudam a organizar e esclarecer as funcionalidades, facilitando o entendimento das necessidades e restrições do sistema.

**Resultado:** Requisitos modelados em Diagramas UML, com a opção da extensão do estereótipo Marte.

### 3.3.3 Visualização de Requisitos

Com as HQs e/ou diagramas finalizados, o *framework* avança para a etapa de visualização dos requisitos por meio da tecnologia de Realidade Estendida. O módulo de visualização do *framework* é apresentado na Figura 3.10. O uso de uma plataforma de visualização pode facilitar a compreensão e a avaliação dos requisitos por meio de experiências virtuais.

Neste contexto, as atividades que envolvem a etapa de visualização são:

- **Atividade 1/vis:** Definição dos requisitos a serem visualizados. A primeira etapa consiste em revisar a lista de requisitos definida nas etapas anteriores, com o intuito de selecionar quais requisitos serão representados na plataforma de visualização. É recomendado que esta definição seja feita de forma colaborativa entre os envolvidos.
- **Atividade 2/vis:** Escolha e uso da plataforma de RE. Nesta etapa, os envolvidos no projeto, devem selecionar qual plataforma de visualização será utilizada. Como sugestão, recomendamos a plataforma CoSpaces (apresentada no Capítulo 2 ou outra similar. A escolha da ferramenta deve levar em conta a compatibilidade com os dispositivos disponíveis e a facilidade de uso por parte dos participantes.
- **Atividade 3/vis:** Inclusão de objetos. Após a definição da plataforma de visualização, os envolvidos têm a opção de explorar e utilizar os objetos virtuais disponíveis nativamente na plataforma de visualização escolhida para representar os requisitos de IoT. Além disso, podem optar por usar as representações dos elementos de IoT, disponibilizados no material complementar, a biblioteca de ilustrações.
- **Atividade 4/vis:** Criação do cenário virtual. A partir dos elementos selecionados, os envolvidos devem construir o cenário virtual que represente o requisito. Para exemplificar essa atividade, supomos um sistema de estacionamento inteligente, e o requisito, "**O sistema do estacionamento inteligente deve detectar automaticamente a presença de veículos nas vagas disponíveis utilizando sensores IoT, atualizando**

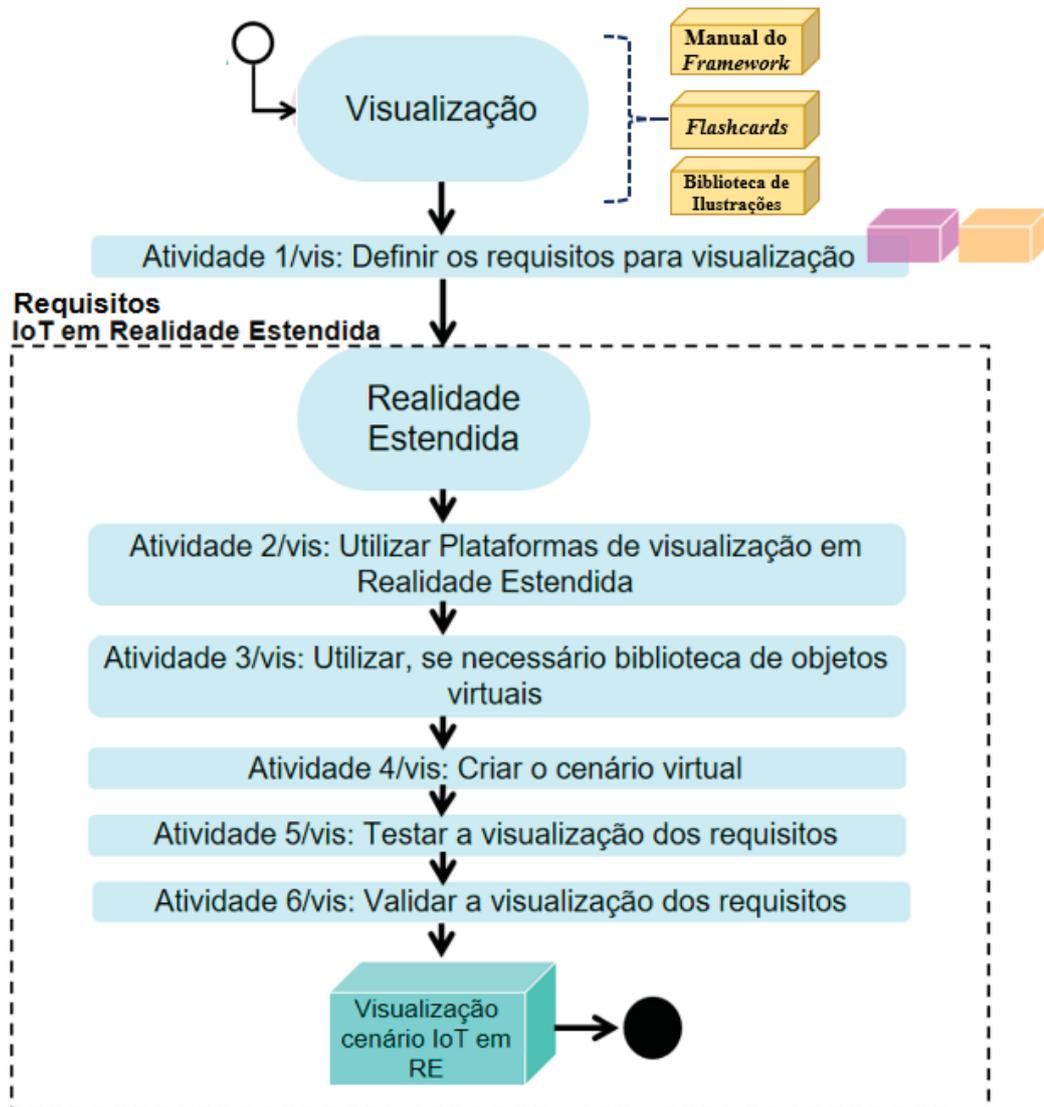


Figura 3.10: Etapa de Visualização de Requisitos

**em tempo real a disponibilidade de vagas no aplicativo móvel para os usuários."** Ao criar o ambiente virtual com os elementos da nossa biblioteca de ilustração, podemos descrever o seguinte cenário:

Os sensores IoT instalados em cada vaga de estacionamento são representados pelo ícone de triângulo laranja, sendo responsáveis por detectar automaticamente a presença de veículos. Cada um desses sensores está conectado a um objeto inteligente, ilustrado com um retângulo rosa, que realiza a coleta e o pré-processamento dos dados. A comunicação entre esses dispositivos ocorre por meio de tecnologias como Wi-Fi e Bluetooth, representadas pelos pontos verdes conectados por uma linha verde escura. Essa rede permite a transmissão das informações detectadas para um servidor. A linha preta contínua simboliza a transmissão dos dados coletados para um servidor local, representado por um cilindro verde. Os cubos cinza ilustram os dados de ocupação das vagas gerados pelos sensores. Esses dados são então enviados e armazenados em um servidor em nuvem, identificado por um ícone de nuvem com um cilindro verde claro em seu interior, possibilitando o acesso remoto e em tempo real às informações por meio de um aplicativo móvel. A privacidade dos dados dos usuários, como localização e uso,

é indicada pelas chaves (colchetes), reforçando que há um cuidado com a segurança e o tratamento das informações sensíveis. A comunicação entre os objetos, simbolizada pela linha verde pontilhada com ondas, representa a atualização contínua e sincronizada das informações, garantindo que o aplicativo mostre em tempo real a disponibilidade de vagas. Por fim, tanto os sensores quanto os objetos inteligentes são alimentados por uma fonte de energia, representada pelo ícone de raio amarelo, assegurando o funcionamento contínuo do sistema.

- **Atividade 5/vis:** Testes com os usuários. Com o cenário construído na plataforma de visualização, os envolvidos devem interagir com o ambiente virtual para verificar se os comportamentos esperados dos requisitos estão corretamente representados.
- **Atividade 6/vis:** Validação da visualização. Por fim, é realizado uma etapa de avaliação, na qual os envolvidos avaliam se os requisitos selecionados e construídos na plataforma virtual, estão representados corretamente e se cumpre com os objetivos definidos na Atividade 1/vis. A avaliação pode ser feita por meio de considerações de todos os envolvidos.

**Resultado:** requisitos para sistemas de IoT, representados de forma virtual em ambiente de RE. Ao final da execução deste módulo, espera-se obter a visualização de um cenário IoT em Realidade Estendida, tornando os requisitos mais visuais, facilitando a comunicação entre partes interessadas e promovendo maior clareza sobre as funcionalidades esperadas do sistema. Como os demais módulos do *framework*, este pode ser executado de forma independente, conforme indicado pelo marcador de início e fim da figura.

### 3.4 AMEAÇAS À VALIDADE

A construção do *framework* foi fundamentado em literatura, estudos de viabilidade e revisão bibliográfica da literatura, porém é importante reconhecer que todo modelo proposto está sujeito a ameaças à sua validade [Wohlin et al., 2012]. Identificar e refletir sobre essas ameaças fortalece a integridade científica da pesquisa.

Uma das principais ameaças à validade de construção está relacionada à interpretação dos conceitos centrais do *framework*, como Design Socialmente Consciente, visualização por meio de Realidade Estendida e modelagem visual com histórias em quadrinhos. Apesar dos esforços em operacionalizar esses conceitos nos materiais de apoio, ainda existe a possibilidade de interpretações divergentes por parte dos usuários. Essas variações podem impactar diretamente a forma como as atividades são conduzidas, afetando tanto a consistência metodológica quanto a comparabilidade dos resultados.

Em relação à validade interna, destaca-se o potencial comprometimento decorrente de fatores não controlados durante a aplicação do *framework*, especialmente em ambientes experimentais. Variáveis como o nível de engajamento dos participantes, diferenças entre os grupos de trabalho, familiaridade com os conceitos e variações no tempo dedicado a cada etapa podem interferir significativamente na qualidade dos requisitos gerados, na eficácia da modelagem e na experiência imersiva proporcionada pela RE. Tais fatores dificultam a atribuição direta de causa e efeito entre a aplicação do *framework* e os resultados observados.

Outra limitação diz respeito à generalização dos resultados. O *framework* foi concebido para ser aplicado em diferentes contextos, como o ensino e treinamento, mas sua avaliação ocorre em um cenário específico, o de ensino. Isso representa uma ameaça à validade externa, já que os resultados obtidos em um ambiente controlado podem não se reproduzir com a mesma eficácia em contextos diferentes, como empresas e projetos com restrições de tempo.

Por fim, há o risco relacionado à confiabilidade dos dados coletados durante a avaliação, a forma como os participantes compreendem e respondem às atividades pode variar significativamente, impactando a consistência e a precisão dos resultados.

### 3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Conforme discutido no capítulo anterior, foram identificadas lacunas na literatura, essas estão à escassez de padrões, modelos ou *frameworks* que orientem de forma integrada a concepção de requisitos, modelagem, aspectos de segurança, desempenho, entidades dinâmicas e visualização de informações [Reggio, 2018]. Para cobrir algumas lacunas e com base nas motivações e conceitos previamente apresentados, um *framework* pode contribuir para organizar o processo de desenvolvimento, favorecer a clareza na definição de requisitos e facilitar a comunicação entre as partes envolvidas.

Esse capítulo, apresentou o *framework* definido e desenvolvido para apoiar, de forma integrada, a concepção, a modelagem e a visualização de requisitos em sistemas IoT. Inicialmente, a Seção 3.1, a visão geral contextualiza quanto ao propósito da proposta, destacando os princípios do Design Socialmente Consciente, a importância de representações visuais acessíveis e o uso de tecnologias imersivas como resposta aos desafios identificados na elicitação de requisitos para IoT.

A Seção 3.2, apresentou os materiais complementares, como o manual do *framework*, os *flashcards* e a biblioteca de Ilustrações. Esses recursos foram concebidos para apoiar não apenas a execução prática das etapas, mas também para fortalecer o engajamento dos participantes e fomentar a compreensão de conceitos-chave alinhada ao contexto.

Na sequência, A Seção 3.3, as etapas do *framework* foi desmembrada em quatro componentes. A concepção de requisitos evidenciou a força do DSC aliado ao *brainstorming* como estratégia para estimular reflexão coletiva sobre o problema e mapear, de forma colaborativa, partes interessadas, valores sociotécnicos e requisitos iniciais. A Modelagem de Requisitos demonstrou como a complementaridade entre Histórias em Quadrinhos, como recurso narrativo, ampliando a compreensão dos participantes, e diagramas UML/Marte, na modelagem.

Na etapa de visualização de requisitos, o emprego de ambientes de Realidade Estendida mostrou-se adequado para validar cenários, reforçar a rastreabilidade entre requisitos e soluções propostas e favorecer comunicação com stakeholders não técnicos. Por fim, os materiais de apoio (manual, *flashcards* e biblioteca de ilustrações) foram descritos como instrumentos que padronizam o uso do *framework* e ampliam sua aplicabilidade em contextos educacionais e profissionais.

Diante deste contexto, o *framework* oferece um caminho metodológico modular, cada módulo possui início e fim próprios, podendo ser aplicado de forma isolada.

Adicionalmente, na Seção 3.4, foram discutidas as ameaças à validade da proposta, reconhecendo limitações e indicando estratégias de mitigação que orientam futuras aplicações e aperfeiçoamentos.

Em síntese, o capítulo consolidou os fundamentos conceituais, as atividades e os artefatos que compõem o *framework*, fornecendo uma visão completa de seu funcionamento e de seu potencial para promover um processo de requisitos mais colaborativo, visual e socialmente consciente. O próximo capítulo apresenta a avaliação das etapas de concepção e modelagem de forma independente e a avaliação completa de toda estrutura do *framework*.

## 4 AVALIAÇÃO DO *FRAMEWORK*

Este capítulo apresenta o processo de avaliação do *framework* proposto para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT. A avaliação foi conduzida com o objetivo de analisar a aplicabilidade, utilidade e clareza das atividades que compõem a estrutura do *framework*.

Para isso, foram realizados dois estudos de viabilidade com abordagens complementares: o primeiro voltado à etapa de concepção, utilizando os princípios do Design Socialmente Consciente; e o segundo centrado na modelagem de requisitos, com o uso de Histórias em Quadrinhos. Em seguida, foi conduzido um experimento para a execução de todas as etapas do *framework*, a concepção, modelagem e visualização, com base em um problema comum.

Ao longo deste capítulo, são descritas a metodologia adotada, o planejamento dos estudos, sua execução, os resultados obtidos e as discussões, seguidos da identificação das ameaças à validade e das considerações finais do capítulo.

### 4.1 METODOLOGIA

Esta seção descreve a metodologia usada na avaliação do *framework* por meio de estudos de viabilidade e experimento. De acordo com [Strauss e Corbin, 1998], estudos de viabilidade são experimentos exploratórios que não buscam resultados conclusivos, mas sim o refinamento de abordagens e a formulação de hipóteses sobre sua aplicação prática. É um experimento, de acordo com [Falessi et al., 2018], é conduzido para gerar e validar teorias. Desse modo, a combinação de ambos possibilita observar efeitos práticos, identificar ajustes necessários e fortalecer o rigor da pesquisa.

Em conjunto, os estudos e experimento apresentados neste capítulo têm como objetivo geral avaliar a aplicabilidade das etapas do *framework* para amparar o processo de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT. Assim, são objetivos específicos da avaliação:

- Avaliar a aplicação das atividades de DSC para apoiar a concepção de requisitos de sistemas IoT;
- Investigar o uso das Histórias em Quadrinhos como forma de representar requisitos de maneira clara, participativa e estruturada;
- Avaliar a aplicabilidade da estrutura do *framework* completo, incluindo concepção, modelagem e visualização de requisitos em IoT;
- Observar como os participantes compreendem e executam as etapas do *framework*;
- Avaliar o uso dos materiais de apoio (o manual, os *flashcards* e a biblioteca de ilustrações).

A Figura 4.1, ilustra o encadeamento lógico entre os estudos, o estudo 1 fundamenta o estudo 2.

O primeiro estudo se concentra na fase de concepção de requisitos. A condução de oficinas para aplicar algumas atividades propostas pelo DSC, como o Diagrama de Partes Interessadas. Os resultados das oficinas devem fornecer um lista inicial de requisitos.

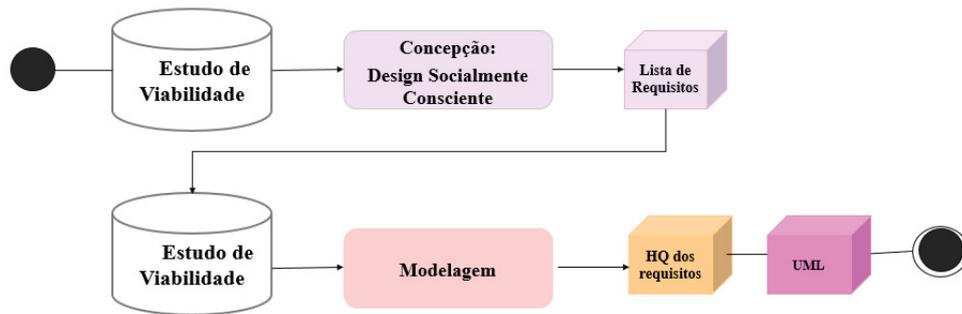


Figura 4.1: Estudos de Viabilidade

O segundo estudo investiga o potencial comunicativo das HQs. Os participantes roteirizam e ilustram cenários de uso, transformando requisitos textuais em narrativas visuais.

O experimento aplicou integralmente o *framework* as três fases, a concepção, modelagem e visualização. Define-se objetivos, materiais e os participantes. O protocolo de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética, e todos os participantes são convidados a ler e assinar, se possível o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

A execução envolve a aplicação prática das etapas do *framework*, com acompanhamento da pesquisadora. Os dados foram coletados por meio de observação direta, análise dos artefatos gerados, a listas de requisitos, HQs, diagramas UML e Marte, cenas em CoSpaces, a aplicação de um questionário com 20 questões (15 fechadas e 5 abertas) e discussões ao final do experimento. A análise dos dados combina abordagens quantitativas e qualitativas. Ressalta, que todos os dados são anonimizados e utilizados exclusivamente para fins acadêmicos, assegurando confidencialidade e respeito aos participantes.

A metodologia aqui descrita permitiu uma avaliação do *framework*, garantindo um processo iterativo de refinamento e validação de suas etapas e recursos.

## 4.2 ESTUDO DE VIABILIDADE 1: CONCEPÇÃO DE REQUISITOS

Um estudo de viabilidade foi conduzido para avaliar a etapa de concepção do *framework*, por meio da realização de uma oficina baseada nos princípios do Design Socialmente Consciente. Essa oficina teve como objetivo principal avaliar, em um ambiente controlado, a aplicação prática das atividades sugeridas pela metodologia do DSC, permitindo observar como os distintos participantes interagem, refletem e elicitam os requisitos para um sistema de IoT. Este estudo, resultou no artigo intitulado: *Socially Aware Design Workshop to Discover Socio-Technical Requirements: Planning, Execution, and Results* [Haddad et al., 2024], disponível no Apêndice D.

### 4.2.1 Preparação do Estudo 1

A etapa de preparação do estudo iniciou com a definição do objetivo, visando compreender o problema de forma compartilhada antes de solucioná-lo. Em seguida, foi definido o número de participantes. Com base no número de participantes, escolhemos o local e horário e preparamos os materiais, composto por notas adesivas coloridas, marcadores coloridos e papel sulfite no tamanho A4. Definimos um facilitador para conduzir a oficina. Neste cenário, o facilitador, não foi considerado participante da oficina, pois não participou da criação de artefatos. Além disso, definimos a duração de cada atividade proposta na oficina de DSC.

O planejamento e a execução da dinâmica da oficina de design semioparticipativa foram divididos em três fases. A primeira fase utilizou *brainstorming* para construir os artefatos: Diagrama das Partes Interessadas, Quadro de Avaliação, Torta de Valores e Escada Semiótica. A segunda fase utilizou *brainwriting*<sup>1</sup> para construir colaborativamente o jogo, e a terceira fase usou *braindrawing*<sup>2</sup> para prototipar o sistema. Foram utilizados recursos visuais, fichas de apoio e perguntas, ajudaram a estruturar as atividades do DSC, como o Diagrama das Partes Interessadas, a Torta de Valores e a Escada Semiótica. Com a participação ativa dos integrantes da oficina, foi possível gerar todos os artefatos planejados com conteúdos que contribuiriam efetivamente para o protótipo, considerando os aspectos sociais da escada semiótica e os requisitos definidos.

#### 4.2.2 Execução do Estudo 1

A oficina de design semioparticipativa foi estruturada em quatro etapas principais: Abertura, Concepção, Modelagem e Finalização, totalizando aproximadamente 6 horas e 20 minutos de atividades. Cada uma dessas etapas foi cuidadosamente planejada para promover a colaboração, a criatividade e a construção coletiva de requisitos sociotécnicos para um sistema de informação, utilizando técnicas visuais e interativas.

A dinâmica ocorreu em 23 de agosto de 2023, no Laboratório de Fundamentos e Aplicações em Engenharia de Software (LabFAES). Com um total de dez participantes, entre pesquisadores, professores de engenharia de software, alunos de graduação e pós-graduação, o facilitador iniciou apresentando os artefatos que seriam trabalhados, previamente desenhados no quadro branco, a duração das atividades e uma breve contextualização do tema a ser abordado. O tema sugerido, foi a criação de um jogo com elementos de IoT para o ensino de Gerenciamento de Projetos de Software.

Na Abertura, com duração total de 30 minutos, o facilitador apresentou aos participantes os objetivos da oficina, os artefatos que seriam produzidos, a metodologia aplicada e a organização temporal das atividades. Também foi realizada a leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), garantindo o uso ético dos dados gerados.

A etapa de Concepção concentrou a maior parte da oficina, com duração total de 3 horas e 30 minutos. Durante esse momento, os participantes construíram quatro artefatos principais: o DPI (30 minutos), que mapeou os agentes direta ou indiretamente relacionados ao problema; o Quadro de Avaliação (40 minutos), onde foram descritos os problemas existentes e propostas soluções iniciais; a Torta de Valor (40 minutos), que permitiu a identificação de valores em dez áreas culturais; e a Escada Semiótica (1 hora), responsável por traduzir os elementos identificados em requisitos sociotécnicos distribuídos em seis níveis de abstração.

A fase de Modelagem, com 1 hora e 40 minutos de duração, foi dedicada à transformação dos requisitos sociotécnicos em representações estruturadas. Inicialmente, os participantes utilizaram a técnica de *brainwriting* para gerar coletivamente uma lista de requisitos a partir das ideias da Escada Semiótica. Cada participante escrevia e passava sua folha para o colega, promovendo a continuidade e o refinamento das propostas. Em seguida, os grupos consolidaram os requisitos em um único quadro. Na sequência, utilizando a técnica de *braindrawing*, foram elaborados desenhos (protótipos visuais) que representavam graficamente os requisitos previamente discutidos. A rodada de desenhos também seguiu o formato colaborativo, finalizando com a consolidação do protótipo.

<sup>1</sup>*Brainwriting* é uma técnica de geração de ideias em grupo. Os participantes escrevem suas ideias individualmente em fichas ou folhas de papel, que são depois compartilhadas ou trocadas entre os membros do grupo, permitindo que outros participantes leiam, complementem ou se inspirem para propor novas ideias.

<sup>2</sup>*Braindrawing* é uma técnica de criatividade. Seu objetivo é gerar ideias visuais por meio de esboços feitos por diferentes participantes

Por fim, a etapa de Finalização contou com 30 minutos de duração. Os participantes compartilharam suas percepções e observações sobre a oficina, permitindo a coleta de dados qualitativos sobre a experiência, a clareza das atividades e os resultados obtidos. O facilitador finalizou o encontro com agradecimentos formais, encerrando o processo de forma colaborativa e reflexiva.

A estrutura adotada e as técnicas utilizadas nesta oficina demonstraram-se eficazes para promover a participação ativa, a geração de ideias relevantes e a construção de requisitos contextualizados e socialmente sensíveis. A adoção combinada de métodos como *brainstorming*, *brainwriting* e *braindrawing* foi essencial para facilitar a expressão criativa dos participantes, respeitando diferentes perfis de conhecimento e promovendo uma abordagem inclusiva ao design de sistemas.

#### 4.2.3 Resultados do Estudo 1

A execução do workshop, resultou na criação e análise de diversos artefatos colaborativos, por meio dos quais foi possível identificar problemas, levantar soluções, mapear stakeholders e compreender os valores sociais e culturais envolvidos no desenvolvimento de um sistema baseado em IoT. O número de participantes, o tempo de execução e os requisitos gerados contribuíram para a análise quantitativa, enquanto a observação e os relatos de experiência dos participantes contribuíram para a análise qualitativa. Esta pesquisa contribuiu para a disseminação das técnicas e artefatos propostos pelo DSC e oferece um guia passo a passo para sua aplicação na busca por requisitos sociotécnicos, essenciais para a construção de sistemas inclusivos e eficazes.

O primeiro artefato elaborado foi o DPI, conforme Figura 4.2, utilizado para identificar e categorizar os atores envolvidos direta ou indiretamente com o sistema. As categorias foram organizadas em cinco camadas concêntricas: operação, contribuição, fonte, mercado e comunidade. O sistema proposto, foi colocado no núcleo, e os principais envolvidos, como professores, alunos, designers de jogos, educadores, jogadores e instituições acadêmicas, foram distribuídos conforme sua relação com o problema. No total, foram mapeados 28 partes interessadas, com cinco destacados como principais, alguns dos quais apareceram em mais de uma categoria devido à complexidade de seus papéis.

Outro artefato construído foi a Torta de Valor, apresentada na Figura 4.3 que tem como objetivo mapear os valores culturais e sociais envolvidos no projeto. Os participantes preencheram o gráfico considerando aspectos como o papel do professor e dos alunos no jogo (interação), a ambientação e os elementos físicos do tabuleiro (espaço), e a organização do tempo durante as sessões (tempo), dentre outros. Essa etapa foi essencial para garantir que o jogo proposto esteja alinhado com os valores e contextos dos usuários, ampliando sua relevância social e educacional.

De maneira geral, os resultados obtidos na execução da oficina evidenciam o potencial das técnicas colaborativas do DSC, para apoiar a concepção de requisitos de sistemas como os de IoT. A criação dos artefatos permitiu não apenas a elicitação de requisitos, mas também o alinhamento entre os participantes sobre a natureza do sistema, seus objetivos educacionais e os valores que o sustentam. As atividades promoveram o engajamento, a troca de saberes e a reflexão crítica, elementos fundamentais em abordagens de design participativo e socialmente consciente.

Assim, o estudo permitiu analisar que as atividades do DSC auxiliam a fomentar a etapa de concepção de requisitos. Avaliou a fase de concepção como ponto de partida no desenvolvimento de sistemas IoT com base no DSC, tópico relacionado com o objetivo específico 1: **Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a concepção de requisitos para sistemas IoT**, disposto no Capítulo 1 Seção 1.3



Figura 4.2: Diagrama das Partes Interessadas - Estudo de Viabilidade 1

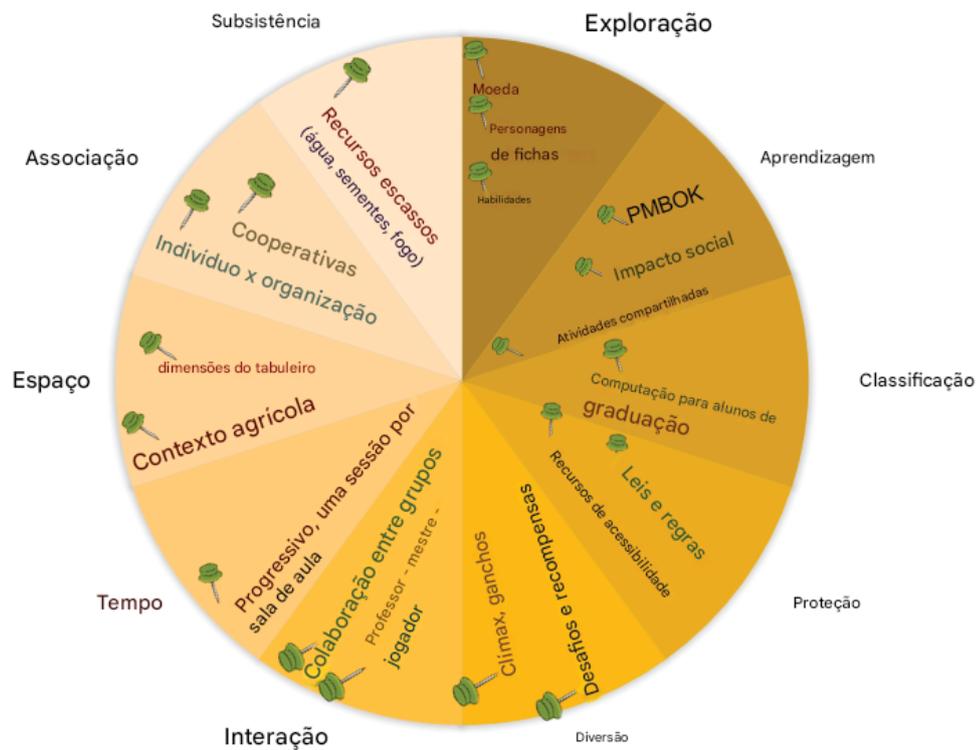


Figura 4.3: Torta de Valores - Estudo de Viabilidade 1

#### 4.2.4 Discussão do Estudo 1

A oficina permitiu compreender como a aplicação das técnicas do Design Socialmente Consciente, em conjunto com atividades colaborativas, favoreceu a criação de artefatos que representam requisitos contextualizados aos aspectos sociais e culturais do sistema.

A proposta de realizar atividades práticas e visuais, como o uso de técnicas como *brainwriting* e *braindrawing*, favoreceu a expressão das ideias, inclusive por participantes que não possuíam domínio técnico. Observou-se que a troca entre os integrantes, durante a execução, contribuiu para a consolidação de entendimentos comuns sobre o problema e os caminhos possíveis para sua solução.

Outro ponto de destaque foi o uso das fichas de apoio e perguntas orientadoras, que estruturaram as discussões e garantiram que todos os artefatos fossem preenchidos de forma consistente. A abordagem também se mostrou eficaz na criação de um ambiente de escuta e colaboração, onde diferentes vozes puderam contribuir.

A condução da oficina com as atividades do DSC, evidenciou que o uso de uma metodologia estruturada, mas ao mesmo tempo flexível, pode potencializar o engajamento e a construção coletiva de requisitos consistente alinhadas ao contexto de uso. Assim, o Estudo de Viabilidade 1 permitiu refinar a etapa de concepção e suas atividades, assegurando que elas fossem compreensíveis, replicáveis e aderentes a contextos com diversas partes interessadas.

#### 4.2.5 Ameaças à Validade do Estudo 1

Apesar dos resultados positivos, é necessário considerar algumas ameaças à validade ao estudo. A primeira ameaça, está relacionada ao número reduzido de participantes, o que pode restringir a generalização dos resultados. Além disso, por se tratar de uma atividade realizada em ambiente acadêmico, com perfis semelhantes de formação (pesquisadores e estudantes da área de computação), o repertório técnico e a familiaridade com metodologias colaborativas podem ter favorecido o bom andamento das atividades.

Os resultados do estudo podem não ser generalizáveis a todos os contextos de desenvolvimento de sistemas IoT. O número de participantes e o cenário específico limitam a extrapolação para realidades diferentes.

Uma possível ameaça refere-se à interpretação dos participantes em relação aos instrumentos utilizados para a concepção dos requisitos, como *brainstorming*. Mesmo com orientações prévias, há o risco de diferentes compreensões sobre os objetivos e aplicações das ferramentas. Para mitigar essa ameaça, foram fornecidos exemplos práticos, guias e mediação ativa durante as atividades.

Em síntese, embora o Estudo de Viabilidade 1 tenha fornecido subsídios valiosos para a avaliação e aprimoramento das etapas iniciais do *framework*, é importante reconhecer as limitações impostas pelas ameaças à validade. Estas foram consideradas na interpretação dos resultados e na projeção de melhorias para estudos futuros.

Por fim, os artefatos produzidos refletem a interpretação dos participantes naquele momento específico, e podem variar em outra aplicação com um grupo diferente ou sob outra temática. Ainda assim, o estudo demonstrou a viabilidade da metodologia proposta.

### 4.3 ESTUDO DE VIABILIDADE 2: MODELAGEM DE REQUISITOS

A fim de avaliar a aplicabilidade e a efetividade das estratégias propostas na etapa de modelagem de requisitos do *framework*, foi conduzido um segundo estudo de viabilidade centrado nas representação adotada para a modelagem dos requisitos em Histórias em Quadrinhos. Foi possível testar, como a abordagem contribui para a compreensão, a formalização e a comunicação dos requisitos em sistemas IoT. Este estudo, resultou no artigo intitulado: *An Approach to Use Comic Strips To Support IoT Systems Requirements Engineering* [d. Almeida et al., 2018], disponível no Apêndice D.

#### 4.3.1 Preparação do Estudo 2

A execução do estudo, inseriu algumas as atividades do DSC, como a discussão e preenchimento do Diagrama das Partes Interessadas e a proposta a representação visual em História em Quadrinhos para auxiliar a modelagem dos requisitos para sistemas IoT. O estudo esta relacionado com o objetivo específico 2: **Definir e desenvolver uma estrutura que apoie a modelagem de requisitos para sistemas IoT**, disposto no Capítulo 1 Seção 1.3.

Para auxiliar a condução do estudo foi elaborado uma estrutura de atividades, baseada em [Ferrari et al., 2019]. A Figura 4.4, apresenta a estrutura com atividades distintas, ao iniciar a oficina é apresentado o diagrama das partes interessadas, seja a parte envolvida direta ou indiretamente, a apresentação do problema que deve ser solucionado, seguido da descrição dos requisitos por parte dos envolvidos. A atividade de discussão dos requisitos, é necessária para gerar apontamentos que não foram identificados em atividades anteriores ou refinar artefatos gerados. Diante dessa elicitação a próxima atividade é a representação dos requisitos de forma visual com o uso da história em quadrinhos e, por fim a descrição e preenchimento do Diagrama de Partes Interessadas. É valido destacar, a estrutura de trabalho como um processo iterativo.

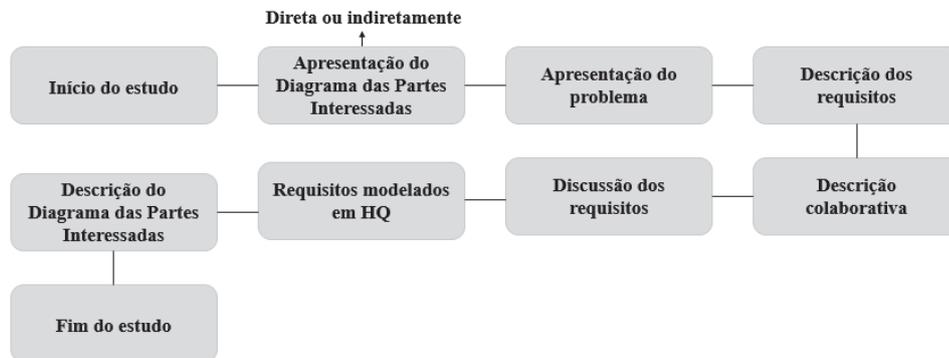


Figura 4.4: Estrutura de Atividades dos Estudos. Fonte: Baseado em [Ferrari et al., 2019]

Os materiais necessários para realização da oficina envolvem: o roteiro da oficina, apresentação em slides do projeto de IoT, papéis em branco e canetas para identificação dos problemas, sugestão de ideias e soluções que deverão contribuir para os especificação dos requisitos.

#### 4.3.2 Execução do Estudo 2

A execução do estudo, aconteceu no dia 20 de fevereiro de 2022, com duração de 2 horas e 5 minutos, em uma sala de aula de uma Universidade. Foram selecionados para a oficina 4 participantes: um representante do setor de desenvolvimento de software; um professor de computação; e dois acadêmicos de Engenharia de Software, conforme a Figura 4.5.

Inicialmente foi realizada uma apresentação sobre as bases conceituais que fundamentas as práticas que seriam conduzidas, como o DSC, sistemas IoT, elicitação de requisitos, e a identificação dos interessados. Esta etapa teve duração de 20 minutos. Como parte dos participantes não tinham conhecimento ou domínio sobre alguns conceitos, este momento foi relevante para estabelecer as bases de trabalho ao mesmo tempo que provia um treinamento sobre os conceitos que seriam abordados na sequência.

Diante dessa contextualização, foi iniciada a apresentação do projeto que deveria ser desenvolvido, o estacionamento com IoT da Universidade (conhecida por todos os participantes), esta apresentação teve duração de 15 minutos. O trabalho colaborativo dos participantes



Figura 4.5: Participantes do Estudo de Viabilidade 2

iniciou com a identificação das partes envolvidas, mapeando se tais impactavam diretamente ou indiretamente o projeto. O objetivo da identificação de partes interessadas é esclarecer o problema e compartilhar conhecimento, esta atividade teve duração de 30 minutos.

Posterior, as atividades de apresentação do problema e descrição dos requisitos, foram realizadas individualmente, a fim de identificar o entendimento de cada participante diante do projeto exposto. Após a finalização dessa etapa, as demais etapas aconteceram de maneira colaborativa, todos os participantes faziam a leitura dos requisitos descritos e apontavam sugestões, complementos, e viabilidade dos mesmos, esta atividade teve duração de 50 minutos.

Com os requisitos completos, foi possível realizar a representação visual dos requisitos, por meio da história em quadrinhos. Para tal, os participantes selecionaram apenas um requisito e modelaram sua HQ, conforme apresentados nas Figuras 4.6, 4.7 e 4.8.

As três HQs apresentadas, representam artefatos desenvolvidos durante o estudo de viabilidade do *framework*, com foco na modelagem de requisitos para um sistema IoT de estacionamento universitário. Essas HQs foram criadas com o objetivo de representar de forma visual e sequencial os requisitos levantados, aproximando a modelagem da realidade do usuário final e facilitando a comunicação entre os envolvidos.

A primeira HQ, Figura 4.6, apresenta o cenário institucional e tecnológico do estacionamento da universidade. De forma clara e objetiva, os quadros introduzem os elementos fundamentais do sistema: o local onde será implementado o protótipo, os sensores de presença instalados em cada vaga e os dispositivos de comunicação em rede responsáveis pela transmissão das informações. Visualmente, é possível identificar a estrutura física do estacionamento, os sensores ativados (representados com sinais verdes e vermelhos), e o comportamento do sistema quando em funcionamento. O último quadro insere o personagem principal (Danny), que manifesta a necessidade de encontrar uma vaga — estabelecendo a motivação do sistema e o ponto de partida para a experiência do usuário.

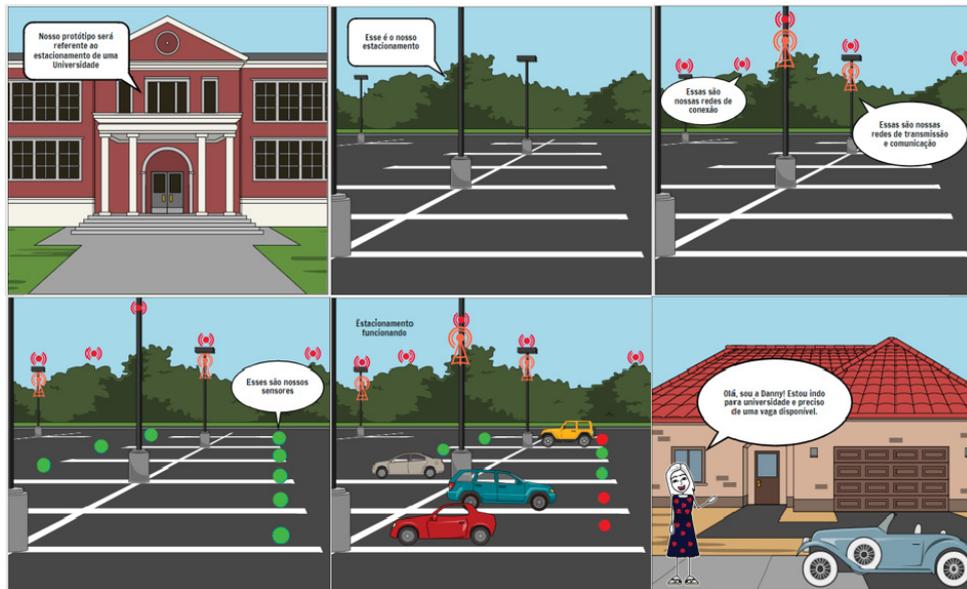


Figura 4.6: HQs geradas no Estudo de Viabilidade 2

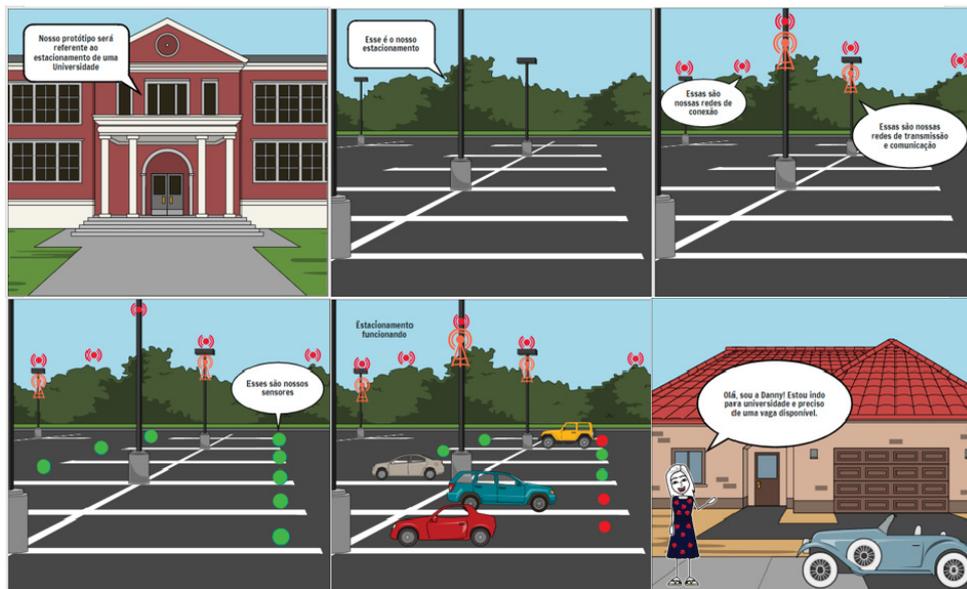


Figura 4.7: Continuação - HQs geradas no Estudo de Viabilidade 2

A segunda HQ, Figura 4.7, foca na interação da usuária com o sistema a partir de sua residência. A sequência de quadros evidencia a autonomia do usuário ao utilizar o aplicativo para verificar a disponibilidade de vagas e realizar uma reserva antecipada. A narrativa explora a possibilidade de filtrar preferências — como escolher uma vaga com sombra, próxima a uma árvore — demonstrando a personalização da experiência. A representação visual do aplicativo no celular, com destaque para botões de decisão (sim/não), reforça o aspecto interativo e intuitivo do sistema. Essa HQ mostra com clareza a funcionalidade de reserva e a preocupação com aspectos de usabilidade e acessibilidade.

E a terceira HQ, Figura 4.8, mostra a visualização e localização da vaga reservada. A sequência demonstra como o sistema guia o usuário até a vaga desejada, utilizando a funcionalidade de geolocalização e fornecendo instruções claras, como distância e direção. Ao longo dos quadros, observa-se o uso de ícones no aplicativo (por exemplo, o mapa com marcador

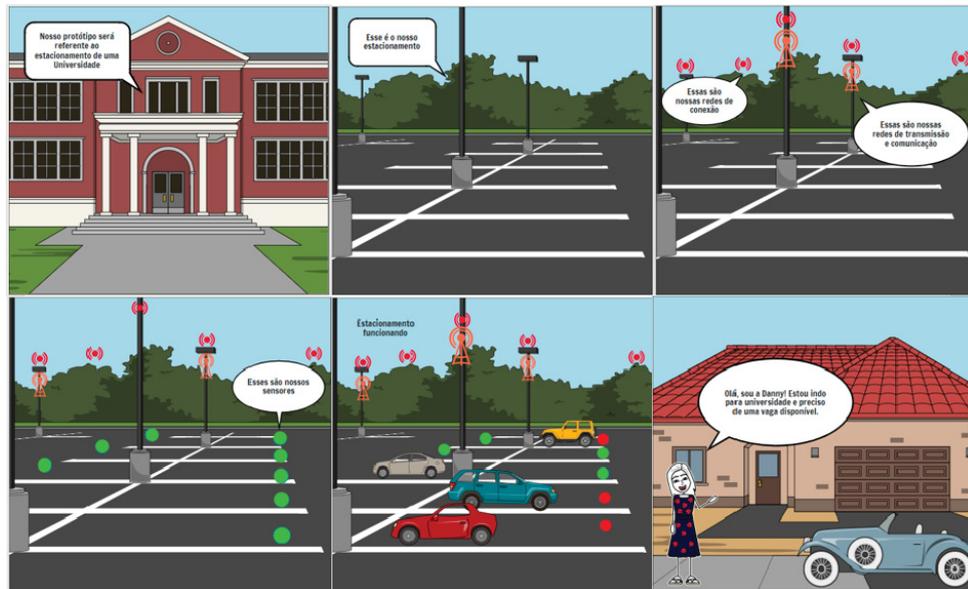


Figura 4.8: Continuação - HQs geradas no Estudo de Viabilidade 2

e sensores ativos), além do retorno positivo da usuária ao encontrar facilmente sua vaga. A narrativa termina com a validação da experiência, destacando a efetividade da visualização das vagas como diferencial para o sistema.

E por fim, na execução do estudo, foram gerados artefatos que puderam preencher o DPI, resultando em 17 interessados, como apresentado na Figura 4.9.

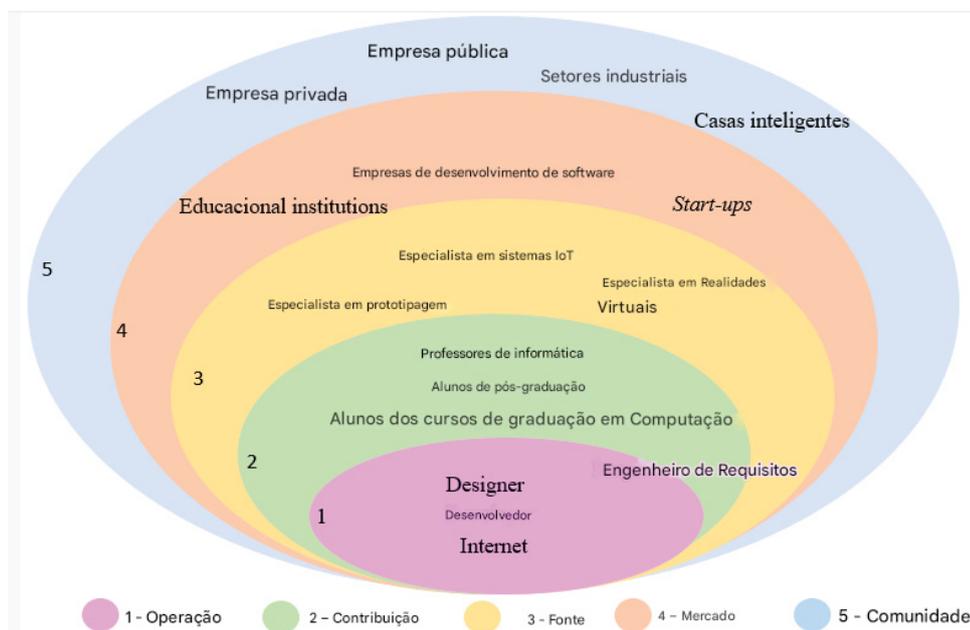


Figura 4.9: DPI gerado no Estudo de Viabilidade 2

### 4.3.3 Resultados do Estudo 2

O workshop resultou em três artefatos: descrição de requisitos para sistemas IoT, uma HQ e, a identificação e preenchimento do DPI.

Os participantes descreveram os requisitos que consideraram necessários para um estacionamento IoT, destacando as melhorias realizadas de forma colaborativa. O requisito de cadastrar placas de veículos em aplicativo mobile, permitindo assim a entrada e saída de veículos por meio da validação das placas cadastradas, passou por ajustes: o cadastro das placas é realizado de forma autônoma pelo sistema, e a entrada dos veículos é feita com uma etiqueta de identificação do usuário.

O requisito de sensores de presença em cada vaga foi mantido, adicionando cores às vagas livres e ocupadas. O requisito de o usuário escolher uma vaga antes de chegar ao estacionamento foi ajustado, permitindo que o usuário tenha o aplicativo de estacionamento instalado em seu celular e, em seguida, visualize e reserve a vaga desejada. E o requisito de identificar o número de vagas próximas às árvores e verificar o fluxo de carros foi mantido sem alterações pelos participantes.

Com as melhorias realizadas de forma colaborativa, foi possível construir a proposta de requisito. Para isso, o requisito é a possibilidade de o usuário visualizar, escolher e reservar uma vaga, no aplicativo de estacionamento, antes de chegar ao estacionamento. Assim, a ferramenta Storyboardthat foi a ferramenta de apoio para a construção das tirinhas.

A metodologia do DSC pode apoiar os participantes de forma colaborativa na compreensão do problema, na identificação das particularidades dos sistemas de IoT e na definição de requisitos. Dessa forma, por meio da HQ, foi possível visualizar os requisitos.

Nesse contexto, o uso de HQ, propiciou a inclusão da narrativa da história, permitindo uma melhor compreensão dos detalhes das características do sistema sob a perspectiva do usuário.

#### 4.3.4 Discussão do Estudo 2

A realização deste estudo de viabilidade, possibilitou uma análise comparativa e qualitativa do potencial de cada abordagem no apoio à modelagem de requisitos para sistemas IoT.

No estudo centrado na modelagem com HQ, destacaram-se elementos importantes do Design Socialmente Consciente (DSC), como a identificação e categorização das partes interessadas, a análise do problema sob múltiplas perspectivas e a representação visual das funcionalidades do sistema em um formato narrativo. Os participantes puderam expressar requisitos complexos de maneira acessível e didática, utilizando uma linguagem visual próxima do cotidiano.

O uso da HQ, nesse contexto, se mostrou eficaz não apenas como meio de expressão criativa, mas como ferramenta técnica para elicitação e comunicação de requisitos. O envolvimento dos participantes durante a construção da narrativa favoreceu a reflexão crítica sobre os requisitos levantados e permitiu ajustes colaborativos nas funcionalidades inicialmente descritas. Tal abordagem proporcionou maior compreensão da experiência do usuário, favorecendo a empatia e a humanização do processo de especificação de sistemas.

Outro resultado, foi a geração do DPI, ilustrado na Figura 4.9, que organizou as partes interessadas em categorias distintas, como operação, contribuição, comunidade e mercado. Essa ferramenta se mostrou essencial para garantir que os requisitos levantados considerassem não apenas as funcionalidades técnicas do sistema, mas também os impactos sociais, organizacionais e ambientais associados.

A partir dos requisitos inicialmente propostos, os participantes sugeriram diversas melhorias que demonstram a compreensão aprofundada do problema e a maturação das ideias ao longo da oficina. Dentre os ajustes, destacam-se a automação do cadastro de veículos, a reserva antecipada de vagas via aplicativo, a representação visual de ocupação das vagas e a integração com sensores de presença.

Dessa forma, o Estudo de Viabilidade 2 reforçou o papel da modelagem de requisitos, consolidando essa etapa como parte essencial do *framework*. Além disso, os artefatos produzidos neste estudo, refletem a interpretação dos participantes naquele momento específico, o que pode levar a variações em outras aplicações com diferentes grupos ou em outros contextos temporais.

Essa característica, no entanto, é inerente à abordagem do DSC, que assume uma postura situacional e subjetivista, reconhecendo que o design de soluções tecnológicas está sempre condicionado ao contexto sociocultural, aos valores dos envolvidos e à dinâmica das interações. Assim, longe de ser uma limitação, essa variabilidade é considerada uma propriedade desejável, pois reforça a adaptabilidade e o alinhamento contextual das soluções desenvolvidas.

#### 4.3.5 Ameaças à Validade do Estudo 2

Como em qualquer investigação empírica, a realização do estudo de viabilidade voltado à modelagem de requisitos com Histórias em Quadrinhos está sujeita a diversas ameaças à validade, que devem ser discutidas de forma transparente e crítica. As principais ameaças identificadas, organizadas segundo os critérios de validade interna, externa, de construção e de conclusão, conforme diretrizes de [Wohlin et al., 2012].

A validade interna, no presente estudo, uma possível ameaça é o grau de familiaridade prévio dos participantes com as ferramentas propostas. Embora tenha sido realizada uma contextualização conceitual ao início da oficina, as experiências anteriores dos participantes com modelagem ou com sistemas IoT podem ter influenciado seus desempenhos e percepções, favorecendo ou dificultando a aplicação das atividades.

A validade externa, neste caso, o estudo foi realizado com um grupo reduzido, quatro participantes, em ambiente acadêmico, com um cenário conhecido (estacionamento da universidade). Essa configuração limita a extrapolação dos resultados para contextos industriais ou equipes com perfis heterogêneos, como profissionais de diferentes áreas, organizações de maior porte ou sistemas com alta complexidade técnica.

Sobre a validade de construção, uma possível ameaça nesta dimensão é a ausência de instrumentos formais de avaliação (como questionários estruturados ou métricas quantitativas) que pudessem medir com precisão aspectos como clareza, esforço cognitivo ou eficácia de cada técnica.

E a validade de conclusão, discute o número pequeno de participantes e uma abordagem exploratória, o estudo não tem como objetivo oferecer generalizações estatísticas, mas sim levantar indícios e observar comportamentos qualitativos. Ainda assim, os resultados apontaram evidências consistentes de que a integração entre HQ e UML pode favorecer a modelagem de requisitos, o que contribui para o amadurecimento conceitual do *framework*.

Mesmo diante das ameaças apontadas, os estudos de viabilidade cumpriram seu papel ao fornecer subsídios relevantes para a avaliação das estratégias propostas na etapa de modelagem do *framework*.

## 4.4 EXPERIMENTO

Com o objetivo de avaliar a aplicabilidade de toda estrutura do *framework* para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT, um experimento foi planejado e executado. Esse experimento foi devidamente submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa <sup>3</sup>, garantindo que todos os procedimentos adotados estivessem de acordo

<sup>3</sup>Aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, sob o CAAE nº 12345678.9.0000.0000 e Parecer nº 5.432.109.

com as diretrizes éticas para estudos com participantes humanos, parecer de aprovação está disponibilizado no Apêndice C.

Os objetivos do experimento foram estruturados com o *Goal-Question-Metric* (GQM) [Basili e Rombach, 2002], a fim de analisar a aplicação do *framework* para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos voltados a sistemas IoT. O propósito central dessa análise foi avaliar sua eficácia e aplicabilidade, conforme o Quadro 4.1.

Elemento	Descrição
<b>Analisar</b>	O uso do <i>framework</i> desenvolvido para apoio à concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT
<b>Com o propósito de</b>	Avaliar
<b>Em relação a</b>	Facilidade de uso, compreensão dos conceitos envolvidos, entendimento das atividades e colaboração entre participantes
<b>Do ponto de vista de</b>	Pesquisadores
<b>No contexto de</b>	Ambientes educacionais

Quadro 4.1: Quadro com os objetivos do experimento estruturado com GQM

A proposta metodológica do experimento segue as definições de [Wohlin et al., 2012], sendo definidas em preparação do experimento; a execução do experimento e; os resultados e discussões do experimento. A partir dessa proposta, o procedimento experimental foi estruturado em sete etapas principais, representadas pelas letras (A) a (G) na Figura 4.10. Cada etapa teve objetivos específicos e atividades cuidadosamente organizadas para garantir a aplicação prática do *framework* proposto, bem como a coleta e análise de dados sobre sua efetividade. Vale destacar, que condução do experimento foi realizada pela pesquisadora e autora desta tese, permitindo o acompanhamento integral das etapas e a observação direta das interações dos participantes.

#### 4.4.1 Preparação do Experimento

Primeiramente, foi definida a proposta geral do experimento, aplicar todas as fases do *framework* com grupos de participantes, tendo como desafio o desenvolvimento colaborativo de requisitos para um sistema de estacionamento inteligente. O problema escolhido foi intencionalmente próximo da realidade dos participantes, a fim de promover engajamento e familiaridade com o contexto de aplicação.

Durante esta etapa de planejamento, uma das preocupações centrais é garantir que os participantes tivessem acesso a recursos didáticos e visuais que apoiassem de forma efetiva o uso completo do *framework*, especialmente nas fases de modelagem dos requisitos por meio de HQs e na visualização de requisitos em Realidade Estendida, quando aplicável. Para isso, foi disponibilizados para todas as etapas, os materiais de apoio, como o manual do *framework* e os *flashcards*. Esses materiais foram fundamentais para garantir consistência, acessibilidade e fluidez na execução das tarefas propostas.

Além destes, também foi disponibilizada a biblioteca de ilustrações, contendo elementos gráficos representativos de cenários comuns em sistemas IoT, como apresentado a Figura 3.6, para apoiar as etapas de modelagem e visualização.

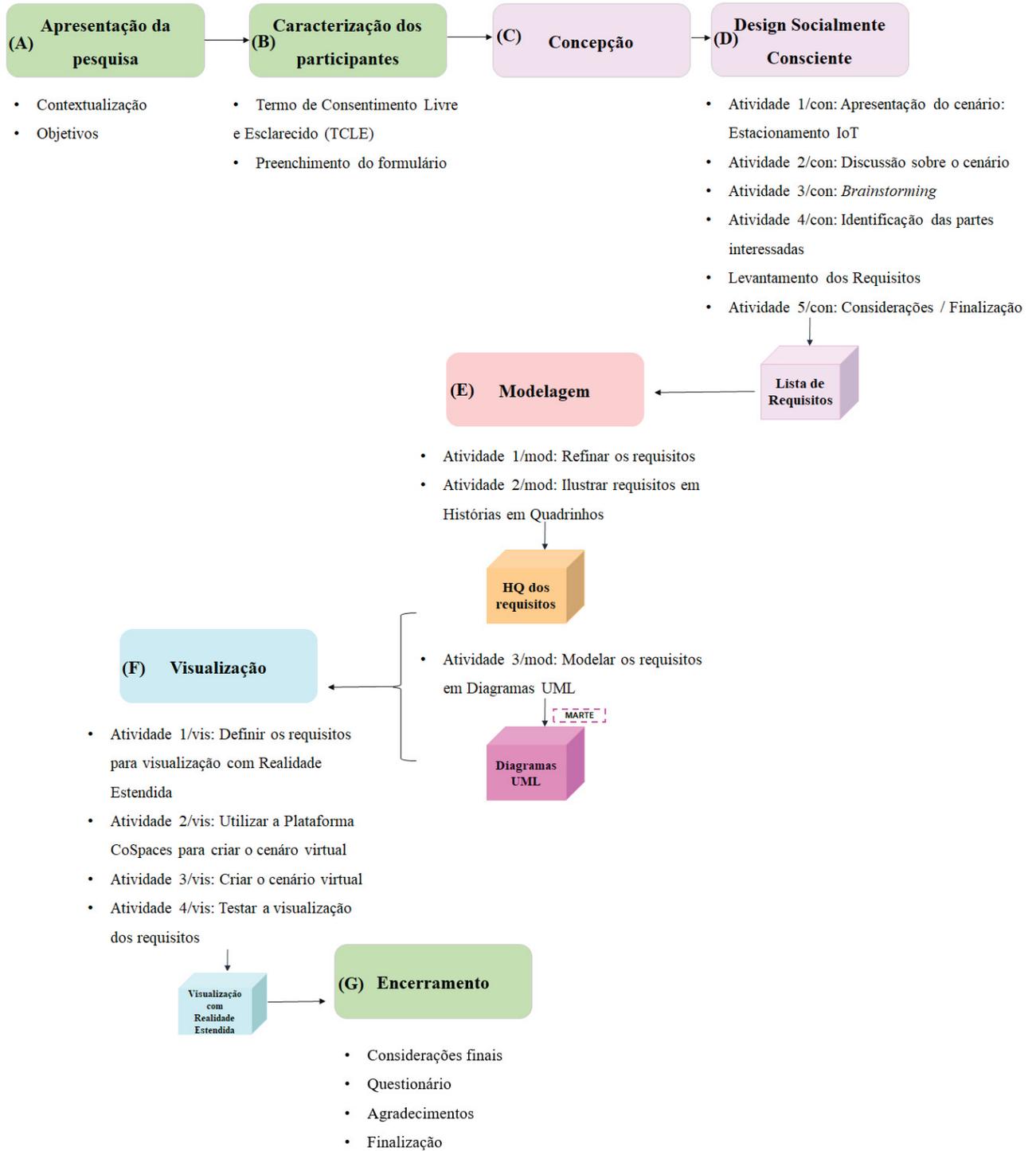


Figura 4.10: Etapas do Experimento

A biblioteca de ilustrações foi disponibilizada para os alunos em formato digital (com extensão PNG) em um pasta compartilhada em um drive <sup>4</sup>, permitindo seu uso em ferramentas de edição de imagem e plataformas de visualização.

E para a coleta de dados, foi elaborado um formulário digital com questões objetivas (de múltipla escolha, com o uso da escala Likert <sup>5</sup> Para nossas questões utilizamos a escala de 5 pontos e questões abertas.

As perguntas foram organizadas em blocos temáticos, permitindo correlacionar as respostas com as diferentes etapas do experimento: concepção, modelagem e visualização. As questões abertas, foram incluídas com o intuito de coletar observações qualitativas sobre a experiência dos participantes, permitindo que expressassem percepções subjetivas, sugestões e críticas que não seriam captadas pelas questões estruturadas. Além disso, algumas questões exploraram a experiência do participante no uso dos materiais de apoio.

Com todas as definições, preparativos e materiais organizados, o experimento foi conduzido em ambiente controlado, respeitando dinâmica previamente planejada. A Seção 4.4.2, apresenta o detalhamento das etapas realizadas, como o *framework* foi aplicado na prática e de que forma cada fase contribuiu para a concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT.

#### 4.4.2 Execução do Experimento

A execução do experimento ocorreu em ambiente de sala de aula, com a participação de 34 estudantes pertencentes aos cursos de Engenharia da Computação, Engenharia de Software e Análise e Desenvolvimento de Sistemas. A Figura 4.11 apresenta uma foto dos participantes capturada no início do experimento.



Figura 4.11: Participantes do Experimento

A primeira etapa do experimento, a **(A) Apresentação da pesquisa**, refere-se a abertura, a apresentação da pesquisa, momento em que os participantes foram contextualizados quanto ao escopo do estudo e os objetivos específicos da investigação foram devidamente explicitados.

<sup>4</sup>[https://drive.google.com/drive/folders/1rX49xAu6da7eQcrboyH8a1tgFnMkg8?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1rX49xAu6da7eQcrboyH8a1tgFnMkg8?usp=drive_link)

<sup>5</sup>A escala Likert é uma técnica utilizada em pesquisas quantitativas para mensurar atitudes, opiniões e percepções dos respondentes. Desenvolvida por Rensis Likert em 1932 [Likert, 1932]. Essa escala é baseada em uma série de afirmações para as quais os participantes indicam seu grau de concordância ou discordância.

Concluída a apresentação, seguimos para a etapa **(B) Caracterização dos participantes**, etapa em que foram tratados os aspectos éticos da pesquisa por meio da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (disponibilizado no Apêndice E) e preenchimento de um formulário de caracterização, informando área de formação, experiência prévia com IoT e contato anterior com técnicas de modelagem de requisitos.

Após a apresentação e caracterização, os participantes foram divididos em seis grupos de trabalho, distribuídos em quatro grupos com seis integrantes e dois grupos com cinco. Cada grupo foi orientado a aplicar todas as fases do *framework* a concepção, modelagem e visualização dos requisitos, utilizando os materiais de apoio previamente fornecidos, o conjunto de materiais impressos, como o manual, os *flashcards* e folhas em branco, além da biblioteca de Ilustrações (Figura 3.6), disponibilizada em arquivo digital.

Seguido, a etapa de **(C) Concepção**, foi iniciada a aplicação prática do *framework*, concentrando-se na fase de concepção de requisitos. Nesta etapa, foram conduzidas atividades baseadas na abordagem do **(D) Design Socialmente Consciente**, essa fase concentrou um conjunto estruturado de cinco atividades que permitiram levantar os requisitos iniciais de forma participativa.

Para **Atividade 1/con: apresentação do cenário IoT**, foi definida como facilitadora, a pesquisadora e autora deste trabalho, onde detalhou o cenário de um funcionamento de um estacionamento inteligente, destacando o papel dos sensores, da conectividade e dos usuários no contexto de IoT. A proposta do cenário para o experimento foi disponibilizada aos participantes de maneira impressa e está disponível no Apêndice E. Após a apresentação do cenário, a **Atividade 2/con: Discussão sobre o cenário**, os participantes discutiram em grupo os principais desafios, limitações e oportunidades presentes no problema apresentado.

Posteriormente, conduziu-se uma sessão de **Atividade 3/con: brainstorming**, com o objetivo de promover a geração de ideias e requisitos de forma colaborativa entre os grupos. Em seguida, realizou-se a **Atividade 4/con: Identificação das Partes Interessadas** no desenvolvimento do sistema, classificando os interessados segundo categorias como operação, fonte, contribuição, mercado e comunidade. Com a execução dessas atividades, foi possível realizar o levantamento dos requisitos para o cenário proposto, e então conduzir a **Atividade 5/con: Levantamento e reflexão**, onde os requisitos foram organizados, revisados e transformados em uma lista inicial de requisitos a ser utilizada na próxima etapa.

Com a lista de requisitos organizada, os grupos passaram à **(E) Modelagem** da solução. Os participantes analisaram a lista obtida na etapa anterior e ajustaram descrições, complementaram informações e eliminaram sobreposições, concluindo a **Atividade 1/mod: Refinar os Requisitos**. Com base nos requisitos selecionados, a **Atividade 2/mod: Ilustrar Requisitos em Histórias em Quadrinhos** foi iniciada, e os os grupos criaram HQs usando ferramentas digitais e/ou de forma manual com papel e caneta. Cada HQ narra o comportamento de um requisito em ação, mostrando os usuários, o ambiente e os dispositivos envolvidos.

A **Atividade 3/mod: Modelar os Requisitos em Diagramas UML**, os grupos formalizaram, os mesmos requisitos ilustrados em HQ, por meio de diagramas UML, como casos de uso, sequência e classes. Alguns grupos aplicaram também a extensão Marte para representar características temporais ou comportamentais típicas de sistemas IoT.

A etapa seguinte envolveu a **(F) Visualização** dos requisitos utilizando a tecnologia de Realidade Estendida. Nesta etapa foram conduzidas 5 atividades, inicialmente, na **Atividade 1/vis: Definir os Requisitos para Visualização em Realidade Estendida**, os grupos escolheram quais cenários iriam representar na simulação visual.

Posteriormente, a **Atividade 2/vis: Utilizar a Plataforma Cospaces para criar o cenário virtual**, os participantes foram convidados a utilizar a plataforma Cospaces para construir

representações imersivas dos sistemas IoT modelados anteriormente. A escolha da plataforma Cospaces já justificada previamente na tese, especificamente no Capítulo 2 Subseção 2.4.1.1, em que argumentamos sobre os critérios de seleção da ferramenta. Simultâneo à atividade 2, a condução da **Atividade 3/vis: Criar o Cenário Virtual**, a qual permitiu compreender coerência entre os requisitos levantados e o funcionamento do sistema. Além disso, foi utilizado pelos participantes a biblioteca de ilustrações, embora não obrigatório, e contribuiu para a qualidade das representações geradas, conforme discutido na seção de resultados, Subseção 4.4.3. Os participantes interagiram pelos ambientes virtuais e realizaram testes, gerando considerações valiosas para o processo de avaliação, referente a **Atividade 4/vis: Testar a Visualização dos Requisitos**.

Por fim, a etapa **(G) Encerramento**, consistiu na aplicação de um questionário final contendo questões abertas e fechadas, organizado por blocos temáticos, com o intuito de avaliar a clareza do *framework*, a utilidade dos materiais, a experiência nas fases de modelagem e visualização, e a percepção geral dos participantes sobre a proposta.

Esta etapa de encerramento, também contemplou um momento de discussão coletiva sobre a experiência vivenciada ao longo do experimento. Os participantes foram formalmente agradecidos, marcando o encerramento das atividades. Os resultados do experimento são apresentados na próxima Subseção 4.4.3.

#### 4.4.3 Resultados do Experimento

O objetivo do experimento foi verificar a aplicabilidade prática do *framework* nas etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas de IoT.

##### 4.4.3.1 Concepção de Requisitos

A etapa de concepção teve como foco o levantamento e organização dos requisitos a partir de um cenário predefinido, que simulava o funcionamento de um sistema de estacionamento com IoT.

A aplicação das atividades do **(D) DSC** e *brainstorming* na fase de **(C) concepção**, foram importantes para orientar os participantes a pensarem além dos aspectos técnicos do sistema, considerando também os impactos sociais e humanos relacionados ao uso da tecnologia proposta.

Para o *brainstorming*, cada equipe foi incentivada a organizar suas ideias iniciais, ou denominado no experimento de pré-requisitos, em um quadro de informações construído de forma colaborativa. Esse quadro teve como finalidade registrar os principais elementos identificados durante as discussões do grupo, incluindo os objetivos do sistema, os atores envolvidos, os recursos necessários, como sensores, dispositivos e conectividade. O Quadro 4.12, mostra o resultado das ideias iniciais realizados pelos participantes.

Ainda na construção do quadro, os participantes foram convidados a refletir coletivamente sobre quem seriam os afetados pelo sistema, quais problemas reais eles deveriam resolver, e quais possíveis consequências sociais, positivas ou negativas, poderiam decorrer da sua implementação. Essa reflexão foi estruturada com base nos *flashcards* e nas instruções do manual, que traziam pergunta como: “Esse sistema é acessível para todos os usuários?”, “Como ele contribui para o bem-estar das pessoas?”, “Quais impactos esse sistema pode causar no meio ambiente ou na comunidade?”.

Para complementar a construção do quadro de informações, os participantes também utilizaram notas adesivas coloridas como ferramenta visual e dinâmica para identificar as partes interessadas no sistema IoT proposto, como apresenta a Figura 4.13. Cada cor foi associada

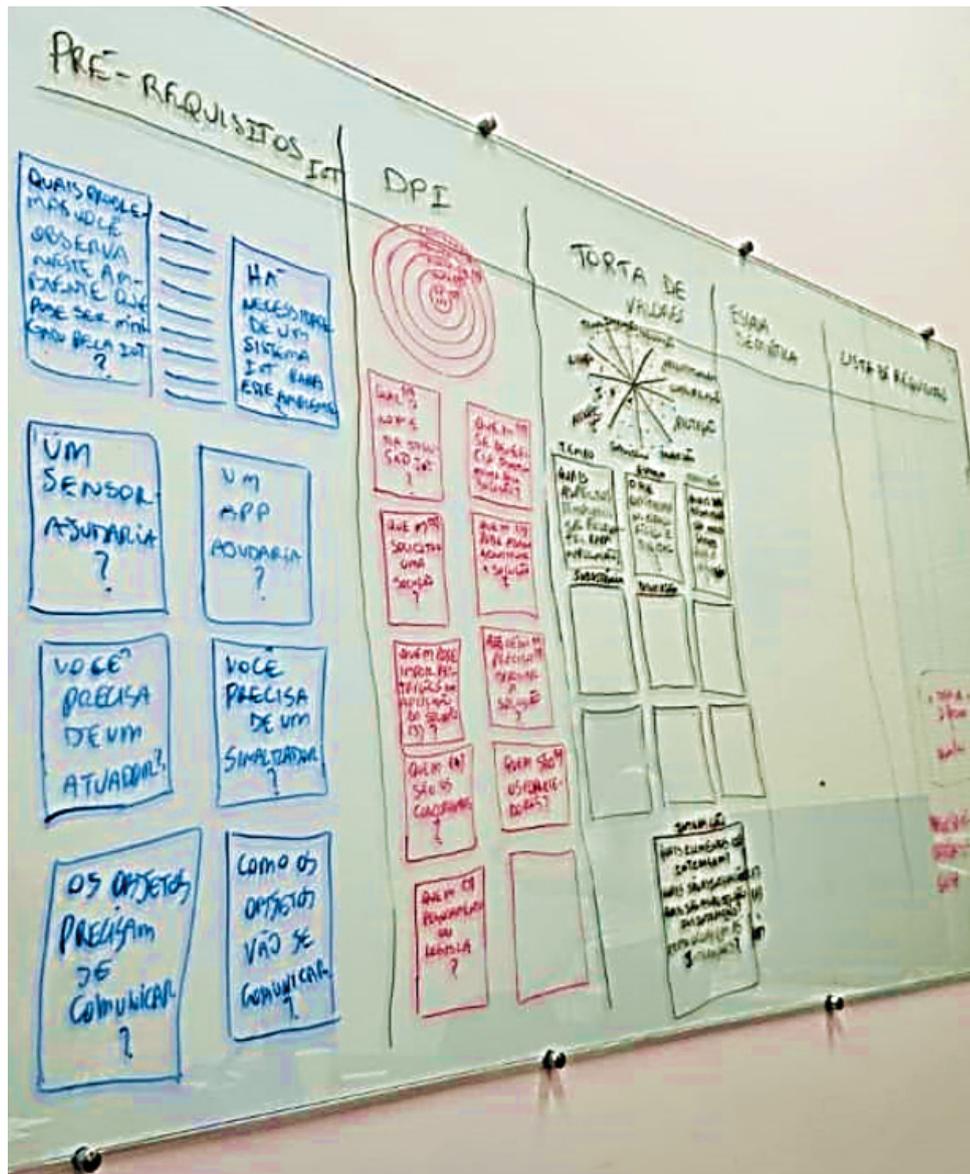


Figura 4.12: Quadro de Informações Gerado na etapa de Concepção

a um tipo de envolvido, o que possibilitou que os participantes pensassem além dos usuários imediatos, reconhecendo os impactos indiretos e os envolvidos indiretamente que, não interagindo diretamente com o sistema, seriam de alguma forma afetados por seu funcionamento. O resultado do Diagrama das Partes Interessadas gerado é apresentado na 4.14.

As atividades do DSC possibilitaram ampliar a visão dos participantes em relação às partes interessadas envolvidas no sistema. Em vez de limitarem os atores aos usuários diretos e técnicos, as equipes passaram a incluir também pessoas potencialmente beneficiadas ou afetadas indiretamente, como moradores de bairros próximos, gestores públicos entre outros.

As equipes demonstraram facilidade em compreender o escopo do problema e, utilizando os *flashcards* como guia, conseguiram identificar elementos fundamentais como sensores, dispositivos, fontes de energia, atores envolvidos e objetivos esperados do sistema. A lista de requisitos construída por cada grupo evidenciou entendimento sobre as necessidades de um sistema IoT, como sensores de presença e conectividade.



Figura 4.13: Notas Adesivas Coloridas como Ferramenta Visual



Figura 4.14: Diagrama das Partes Interessadas gerado no Experimento

Como resultado, as atividades do DSC e o *brainstorming*, possibilitou que cada equipe elaborasse uma lista inicial de requisitos. Essa lista serviu como entrada para a etapa seguinte do *framework*.

#### 4.4.3.2 Modelagem de Requisitos

Na segunda fase do experimento, a etapa de **(E) modelagem** dos requisitos teve como objetivo estruturar, de forma visual e técnica, os requisitos identificados durante a fase de concepção. Essa fase foi dividida em duas abordagens complementares, a modelagem narrativa,

por meio de HQ, e a modelagem com o uso de diagramas UML e aplicação opcional do perfil Marte para representar, por exemplo restrições temporais de um sistema IoT.

A primeira atividade da modelagem concentrou-se na criação de narrativas visuais em HQ, uma das inovações metodológicas propostas pelo *framework*. O uso das HQs como forma de representação dos requisitos revelou-se uma estratégia eficaz para tornar os requisitos mais compreensíveis. Por meio das HQs, as equipes conseguiram traduzir os requisitos em situações cotidianas, representando interações entre usuários, sensores e dispositivos inteligentes em uma sequência lógica e acessível.

Cada equipe ficou responsável por modelar um requisito específico, definido em comum acordo entre todos os participantes. Todos os grupos receberam o link de acesso à biblioteca de ilustrações, a ser utilizada nas HQs conforme julgassem necessário.. Esse processo facilitou a identificação de lacunas nos requisitos, permitiu o refinamento de ideias e incentivou a expressão de situações de uso do sistema de maneira prática e visual.

A Figura 4.15, apresenta um dos exemplos de requisitos produzidos pelas equipes durante a fase de modelagem com HQ. A narrativa visual acompanha a personagem Tina, que enfrenta uma situação cotidiana, a dificuldade de encontrar uma vaga para estacionar seu carro na cidade.

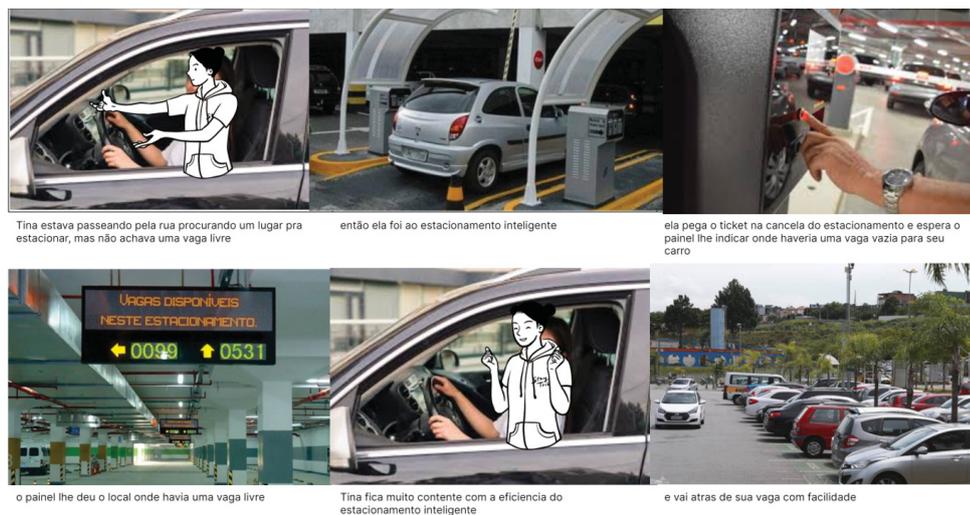


Figura 4.15: Exemplo 1 de História em Quadrinho

A HQ 4.15 é composta por seis quadros que ilustram de forma sequencial e clara o problema, a interação com o sistema e a resolução eficiente da situação. No primeiro quadro, Tina aparece dirigindo pelas ruas, frustrada por não encontrar uma vaga disponível. Esse cenário representa um problema real enfrentado por muitas pessoas em centros urbanos e funciona como ponto de partida para justificar a necessidade do sistema.

Nos quadros seguintes, a personagem acessa um estacionamento inteligente, onde um sistema automatizado com sensores de presença identifica as vagas livres e, por meio de um painel eletrônico, orienta o motorista até a localização exata. Ao retirar o *ticket* na cancela, Tina aguarda a sinalização no painel digital, que lhe informa em tempo real onde há uma vaga disponível. O sistema é representado graficamente por sensores instalados nas vagas e pela comunicação com o painel digital.

A HQ avança com Tina seguindo a indicação do painel, localizando a vaga livre e expressando satisfação com a eficiência da solução. A personagem é representada em posição de destaque, sorrindo e demonstrando alívio, o que reforça a experiência positiva do usuário e a efetividade do sistema modelado.

Este exemplo evidencia como a linguagem em HQ foi utilizada de maneira eficaz para representar não apenas os componentes técnicos do sistema, como sensores e conectividade, mas também o fluxo lógico de interação, o contexto de uso e os benefícios percebidos pelo usuário.

Além disso, é possível avaliar que a HQ apresentada demonstra a preocupação com a acessibilidade da informação, pois o painel eletrônico, ao indicar visualmente o número e localização das vagas, oferece uma interface amigável, inclusive para usuários com baixa familiaridade com tecnologia. Essa abordagem conecta-se aos princípios do Design Socialmente Consciente, abordado na fase de concepção.

Outro exemplo de requisito visual em HQ, vagas prioritárias para pessoas idosas em um estacionamento inteligente, é apresentado na Figura 4.16. A narrativa visual é composta por três quadros que ilustram, de forma direta e objetiva, o fluxo de funcionamento do sistema.

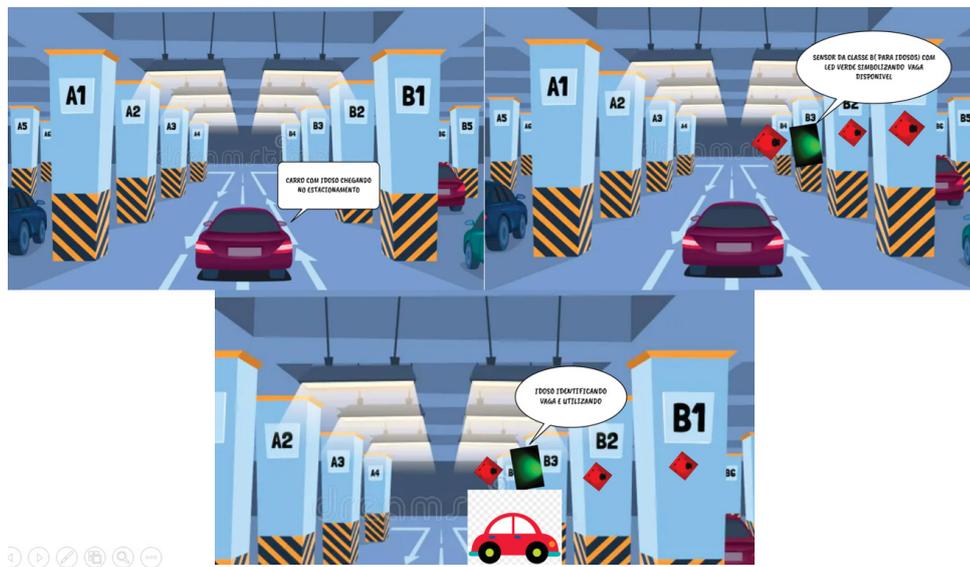


Figura 4.16: Exemplo 2 de Histórias em Quadrinhos

No primeiro quadro, o sistema identifica a chegada de um carro com idoso ao estacionamento. Em seguida, sensores específicos da classe B1, destinados ao público prioritário, ativam LEDs (do inglês, *Light Emitting Diode*, Diodo Emissor de Luz, traduzido ) verdes para indicar a disponibilidade de vagas preferenciais. O uso de cores nos sensores facilita a interpretação imediata da informação visual, promovendo acessibilidade e eficiência. No último quadro, o idoso reconhece a vaga liberada e realiza o estacionamento com facilidade. A HQ destaca a importância da automação e da sinalização visual no auxílio a públicos com necessidades específicas.

O uso de elementos visuais realistas combinados com ilustrações de personagens contribuiu para uma narrativa envolvente e facilmente compreensível, mesmo para todos os envolvidos no experimento. A importância das HQs nesta etapa foi ressaltada pelos próprios participantes, que indicaram, em suas respostas ao questionário, que essa abordagem ajudou a “visualizar melhor o funcionamento do sistema” e “entender o fluxo de dados e ações de forma mais simples”. Também foi observada uma maior participação coletiva no desenvolvimento das HQs, pois o recurso visual eliminou, em muitos casos, a necessidade de conhecimento técnico aprofundado, promovendo o engajamento de todos os membros da equipe.

Como apresentados nas Figuras 4.15 e 4.16, os dois exemplos de HQs produzidos por diferentes grupos durante o experimento, apresentam diversidade de requisitos, demonstram a aplicação dos conceitos do *framework*, incluindo a transição entre eventos, o papel dos dispositivos IoT e os elementos envolvidos no cenário.

Durante o experimento, a modelagem com HQs se destacou como uma etapa eficaz para representar o funcionamento de sistemas IoT. Os participantes conseguiram, por meio de narrativas visuais, traduzir ideias em cenas concretas e compreensíveis. A atividade contribuiu para a organização do pensamento, facilitou a comunicação entre os membros das equipes e permitiu o alinhamento conceitual sobre o sistema a ser desenvolvido.

Em seguida, os grupos avançaram para a modelagem utilizando diagramas UML, incluindo, fluxogramas e diagramas de casos de uso e extensão do perfil Marte, visando descrever os aspectos temporais do sistema. As equipes demonstraram entendimento básico da aplicação de Marte, especialmente com o apoio de exemplos e explicações previamente fornecidas.

A transição da modelagem narrativa para a modelagem com UML foi mediada pelo manual do *framework* e por instruções guiadas. Os participantes puderam reaproveitar os elementos identificados nas HQs e na lista de requisitos. O uso de UML permitiu organizar as funcionalidades e interações do sistema, enquanto o uso de Marte agregou informações relativas ao comportamento em tempo real.

Um resultado, apresentado na Figura 4.17 modela um cenário em que o sistema deve monitorar a velocidade dos veículos que circulam no interior de um estacionamento, detectando se ultrapassam o limite de 20 km/h e, com base nessa verificação, fornecendo um feedback ao condutor. No diagrama, o ator principal é representado como Carro no Estacionamento, o que indica que o sistema reconhece o veículo como uma entidade ativa e autônoma. Os casos de uso associados incluem: ver a sinalização de velocidade permitida; transitar abaixo ou acima do limite permitido; receber um feedback positivo ou negativo e; ajustar a velocidade.

Este modelo, evidencia uma preocupação com o comportamento do condutor em tempo real, e insere requisitos relacionados à responsividade do sistema, à detecção de eventos dinâmicos e à reação imediata por meio de feedbacks automatizados, além disso o grupo inseriu no modelo, duas anotações dos estereótipos perfil Marte, a «TimedEvent» para marcar o momento da leitura da velocidade pelo sensor e «RtUnit» no módulo que processa a informação e aciona os alertas em tempo real. Vale destacar, que esses estereótipos foram apresentados e definidos no manual do *framework*.

Um segundo grupo, ilustrou o diagrama representado na Figura 4.18, um processo automatizado que ocorre quando um veículo tenta acessar o estacionamento. Essa modelagem se mostra eficaz para expressar fluxos decisórios e operacionais, sendo ideal para representar requisitos funcionais com etapas dependentes de condições e verificações lógicas.

O fluxo se inicia com a verificação da disponibilidade de vagas. Caso não existam vagas disponíveis, o processo é interrompido. No entanto, se houver vaga, o sistema segue para a coleta de informações do carro. Em seguida, o sistema verifica se o veículo já está cadastrado no banco de dados. Se não estiver, é encaminhado para a etapa de cadastro; caso já esteja, o fluxo avança diretamente para o registro da entrada do carro e, por fim, para a emissão de recibo.

Em ambos os exemplos apresentados nas Figuras 4.17 e 4.18, os participantes conseguiram empregar os recursos do *framework* para representar de maneira coerente os requisitos levantados. A modelagem com UML complementada por dos estereótipos do perfil Marte, favoreceu o refinamento das ideias e permitiu incorporar aspectos técnicos relevantes aos sistemas IoT, como evento em tempo real.

#### 4.4.3.3 Visualização de Requisitos

A última etapa do experimento envolveu a **(F) visualização** dos requisitos modelados em uma plataforma de visualização com a tecnologias de RE. Essa etapa teve como objetivo principal representar virtualmente os requisitos identificados, modelados e refinados nas etapas anteriores, facilitando a identificação e avaliação dos requisitos de IoT.

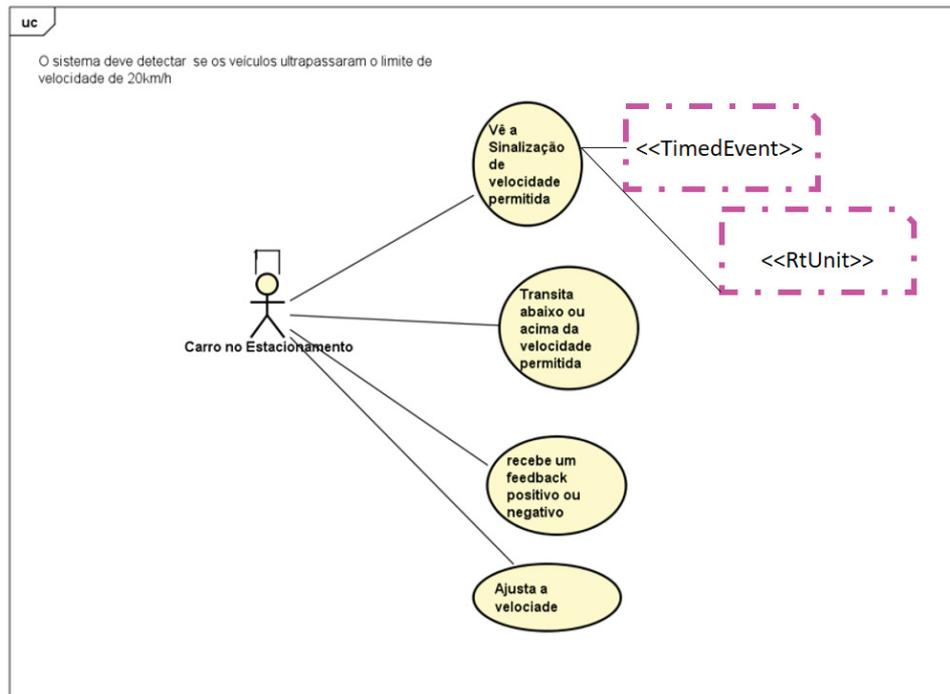


Figura 4.17: Exemplo 1 de UML e Marte

O uso do Cospaces se mostrou adequado para traduzir os requisitos em ambientes virtual para representar os requisitos do sistema IoT. Os participantes utilizaram os recursos da plataforma para inserir objetos, personagens, sensores, painéis informativos, veículos, entre outros elementos que haviam sido previamente identificados na lista de requisitos, nas HQs produzidas, e nos diagramas UML construídos durante a modelagem.

A plataforma Cospaces permitiu aos grupos simular situações como a entrada de um veículo, a detecção de vaga por sensores, o acionamento de alertas visuais e sonoros, e até mesmo o feedback ao usuário com base no comportamento captado pelo sistema. Esses elementos contribuíram para comprovar a lógica funcional dos requisitos e validar a representação visual do sistema como um todo.

Além disso, a criação do cenário virtual promoveu o engajamento dos participantes, que demonstraram interesse em tornar o ambiente não apenas funcional, mas também intuitivo e realista. A atividade exigiu que os grupos tomassem decisões quanto ao design da experiência do usuário, à organização espacial do ambiente e à clareza das interações, aspectos que estão diretamente relacionados à qualidade da comunicação dos requisitos.

A etapa de visualização demonstrou, portanto, que o uso de uma plataforma como o Cospaces amplia significativamente o potencial do *framework*, oferecendo uma forma concreta de representar, testar e comunicar os requisitos de um sistema IoT de maneira visual, interativa e acessível, tanto para desenvolvedores quanto para partes interessadas não técnicas.

As Figuras 4.19 e 4.20, são cenas produzidas por duas equipes durante a etapa de visualização de requisitos, utilizando a plataforma Cospaces. A cena representa um sistema de estacionamento inteligente, e integra diversos elementos visuais provenientes da biblioteca de ilustrações fornecidas durante o experimento.

O cenário foi construído com base nos artefatos desenvolvidos nas etapas de concepção e modelagem, como a lista de requisitos, as HQs e os diagramas UML. Na cena representada na Figura 4.19, é possível observar veículos em movimento, incluindo carros e um ônibus, inseridos no espaço 3D para simular o fluxo de entrada e circulação no estacionamento. A

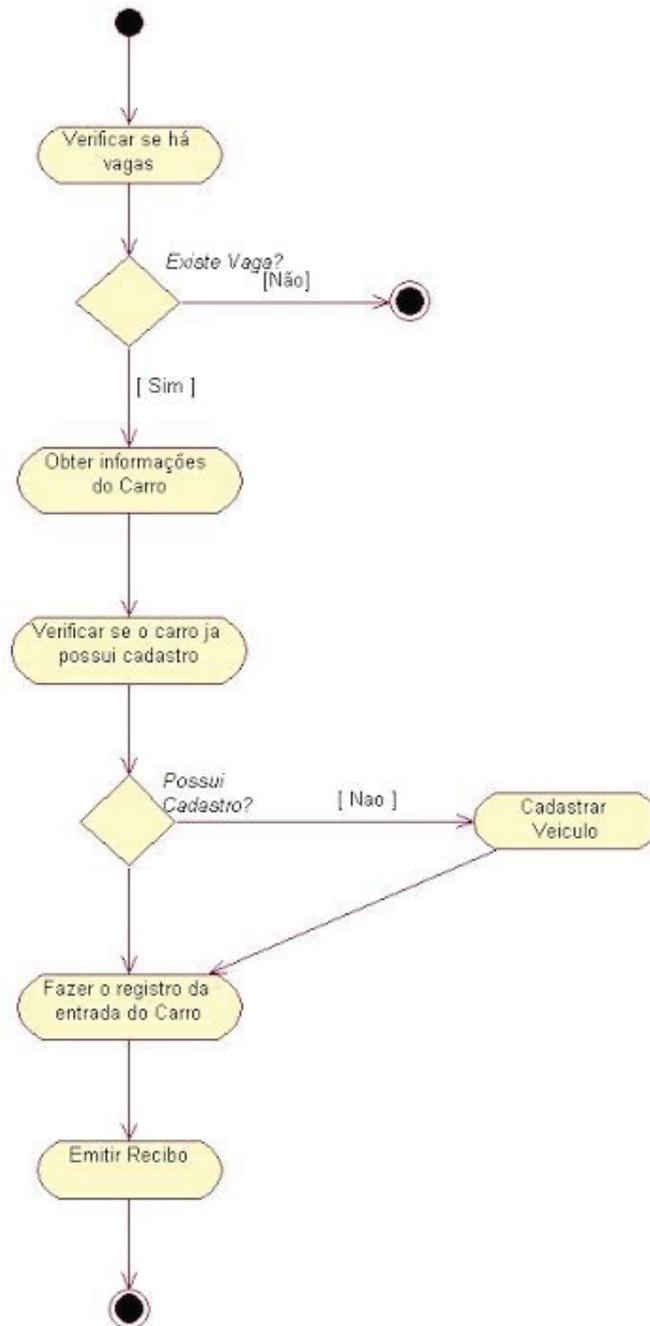


Figura 4.18: Exemplo 2 de UML

equipe posicionou sensores de presença, representados por triângulos laranja e símbolos de raio identificando a energia consumida pelo sensores. Esses sensores, associados aos pontos de comunicação simbolizam o monitoramento contínuo das vagas.

Além disso, as falas inseridas por balões de texto, como sensores de estacionamento, ajudam a narrar a funcionalidade do sistema, evidenciando o comportamento esperado pelo usuário ao se deparar com a automação presente no ambiente. O uso desses elementos visuais permitiu que a equipe representasse de forma clara os componentes do sistema IoT, promovendo

coerência entre os requisitos levantados, os modelos construídos e a simulação interativa. A cena também demonstrou a capacidade dos participantes de reaproveitar os ícones da biblioteca para contextualizar tecnicamente a infraestrutura do sistema de forma intuitiva e compatível com a narrativa construída nas etapas anteriores.

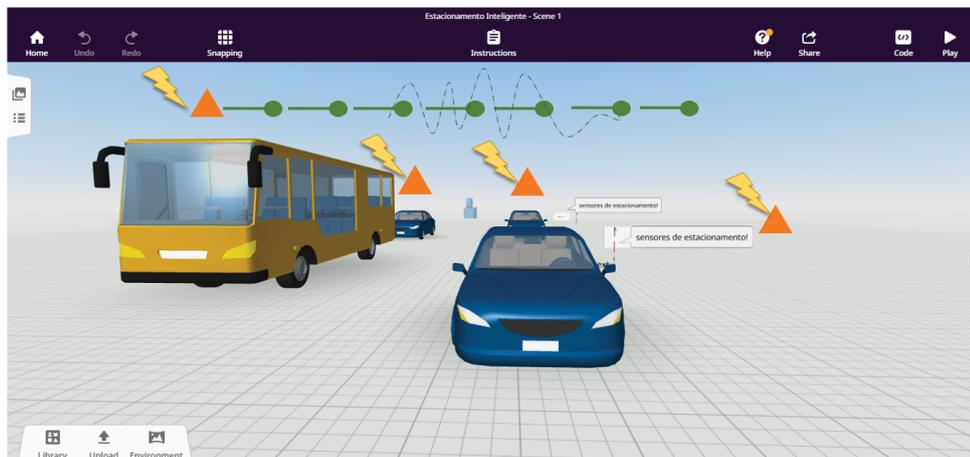


Figura 4.19: Exemplo 1 da Visualização com RE

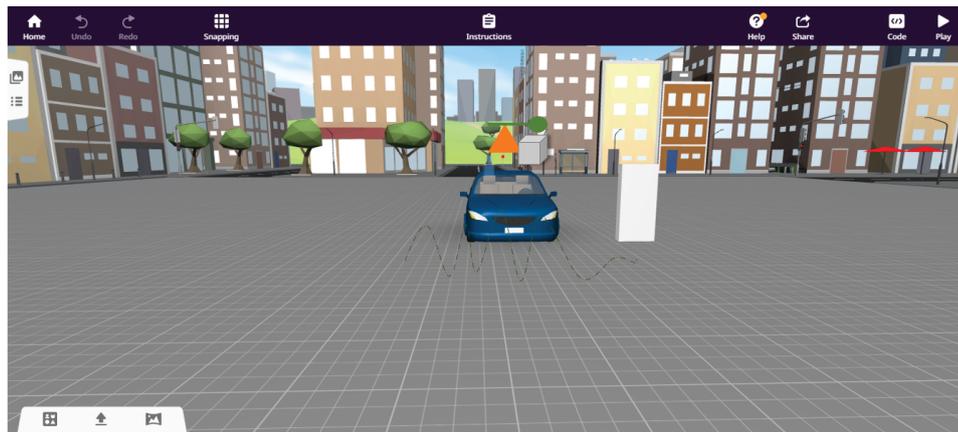


Figura 4.20: Exemplo 2 da Visualização com RE

A etapa de visualização realizada com a plataforma Cospaces possibilitou representar os requisitos levantados e modelados de forma interativa e coerente com os artefatos desenvolvidos anteriormente. Ao utilizar os elementos visuais da biblioteca de ilustrações e os objetos disponíveis na ferramenta, os participantes conseguiram construir cenários tridimensionais que simularam os requisitos do sistema IoT proposto.

#### 4.4.3.4 O Questionário

Com o encerramento da atividade prática de visualização, os participantes foram convidados a responder um questionário estruturado com questões fechadas (escala Likert) e abertas, elaborado para avaliar a clareza do *framework*, a utilidade dos materiais de apoio, a experiência de modelagem e a percepção geral sobre a proposta. O questionário completo está disponibilizado no Apêndice E.

O questionário totaliza 25 questões, sendo 20 questões fechadas com escala Likert de 1 a 5 pontos (1 = Discordo totalmente | 5 = Concordo totalmente) e 5 questões abertas. As questões

fechadas foram distribuídas em quatro blocos temáticos, como a clareza do *framework*, utilidade dos materiais de apoio, experiência de modelagem e percepção geral da proposta. Já as questões abertas foram incluídas com o objetivo de captar comentários qualitativos, observações livres e percepções individuais.

O Gráfico 4.21 do Bloco A demonstra que os participantes compreenderam bem a estrutura do *framework*. Questões como a clareza da proposta (Q1) e a coerência das atividades (Q3) receberam os maiores índices de aprovação, com 87,5% e 92,5% de respostas positivas, respectivamente. Isso indica que a maioria dos alunos sentiu-se orientada e confiante ao longo das etapas. A menor média (80%) foi atribuída à possibilidade de reaplicação do *framework* em outros contextos (Q5), o que aponta para a necessidade de ajustes adaptativos conforme o perfil dos projetos futuros.

No Gráfico 4.22 do Bloco B, observa-se uma alta aprovação dos materiais utilizados. O manual (Q6) obteve 95% de aprovação, destacando-se como um dos principais suportes ao longo do experimento. A biblioteca de ilustrações (Q8) também foi valorizada por 90% dos participantes. Os *flashcards* (Q7), mesmo sendo opcionais, foram bem avaliados (82,5%), revelando seu papel relevante na fase de concepção. Os resultados confirmam que os recursos complementares foram eficazes para apoiar a execução das atividades e fortalecer o entendimento do processo.

O Gráfico 4.23 do Bloco C apresenta uma visão equilibrada entre as diferentes ferramentas de modelagem. A HQ (Q11) foi o recurso mais bem avaliado, com 92,5% de respostas positivas, destacando-se como uma abordagem acessível e envolvente. Os diagramas UML (Q12) e Marte (Q13), embora reconhecidos como úteis, apresentaram menores índices (80% e 75%, respectivamente), sugerindo que essas representações exigem maior suporte pedagógico para garantir compreensão técnica. Ainda assim, a integração entre HQ e modelagem formal (Q15) foi bem percebida, com 87,5% de aprovação, o que valida a estratégia de unir narrativas visuais e diagramas técnicos.

O Gráfico 4.24 do Bloco D revelou os índices mais altos de aprovação em toda a pesquisa. A visualização com Cospaces (Q16) e a experiência imersiva proporcionada pela ferramenta (Q17) alcançaram 95% e 97,5% de respostas positivas, respectivamente. Além disso, 92,5% dos participantes afirmaram que o uso do *framework* contribuiu para sua aprendizagem (Q18). Esses resultados confirmam que a etapa de visualização foi especialmente bem-sucedida, tanto do ponto de vista pedagógico quanto metodológico. A recomendação para uso do *framework* em outros contextos (Q20), com 90% de aprovação, reforça seu potencial de reaplicação.

Sobre as respostas às questões abertas do questionário, permitiram ampliar a compreensão sobre a percepção dos participantes quanto à experiência com o *framework*, revelando aspectos que vão além dos dados quantitativos. Os relatos confirmam a efetividade das abordagens propostas, mas também apontam sugestões e reflexões importantes para ajustes futuros.

Em relação à clareza do processo, muitos participantes destacaram que o encadeamento entre as fases, concepção, modelagem e visualização, foi um dos elementos mais positivos da proposta. A presença de materiais complementares, como o manual e os exemplos ilustrativos foram mencionados como fator que proporcionou segurança na execução das atividades. Observou-se que alguns grupos optaram por não utilizar os *flashcards*. Apesar disso, não apresentaram prejuízos evidentes na qualidade ou profundidade dos requisitos elicitados. Dessa forma, acreditamos que os *flashcards* funcionaram como um recurso facilitador, mas não essencial. Isso reforça a flexibilidade do *framework* e sua capacidade de adaptação a diferentes perfis de grupo e de condução.

Vários participantes enfatizaram o engajamento proporcionado pela atividade com HQ, ressaltando que foi a primeira vez que representaram requisitos de forma narrativa e criativa.

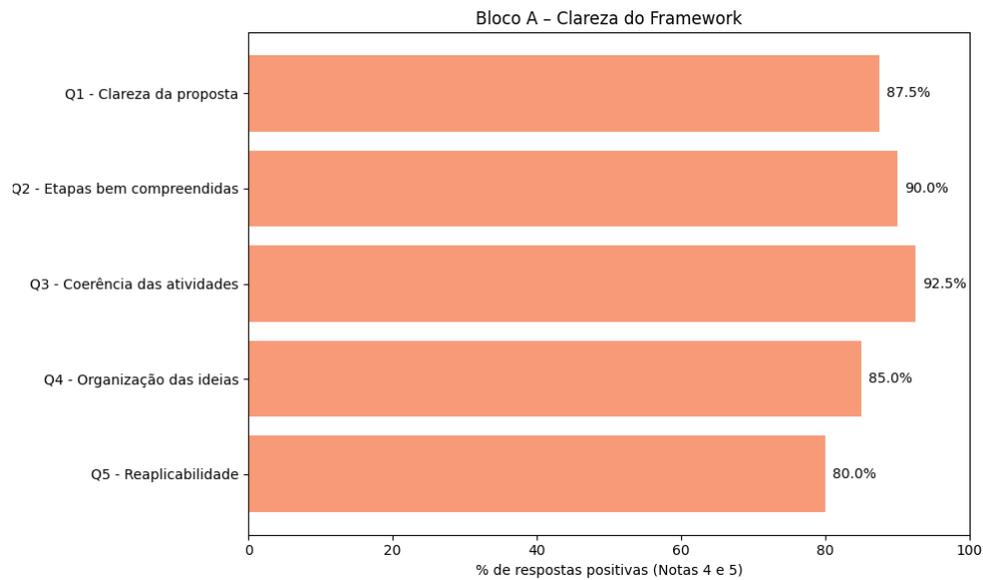
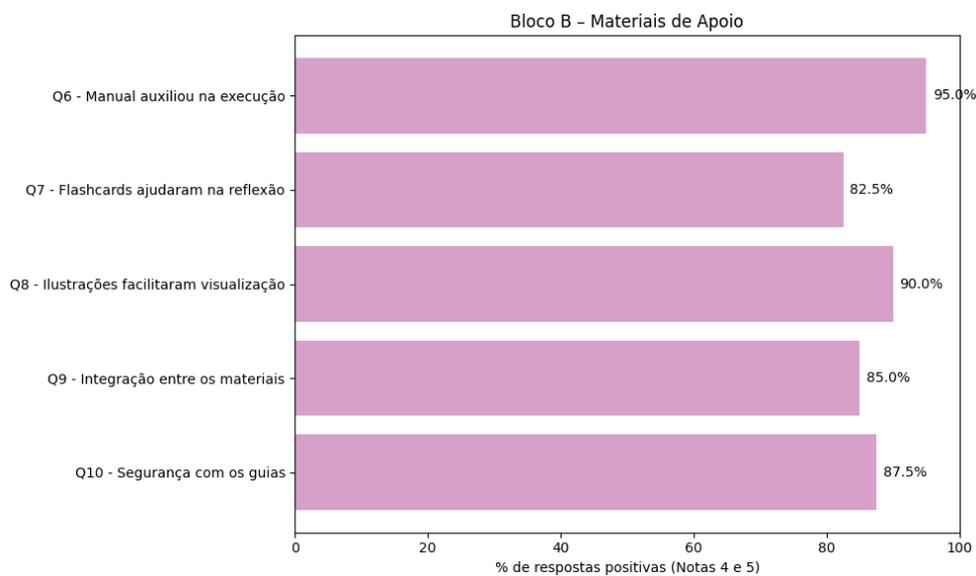
Gráfico 4.21: Resultado do Bloco A - Clareza do *framework*

Gráfico 4.22: Resultado do Bloco B - Materiais de Apoio

Comentário como “nunca pensei que fosse possível representar um sistema dessa forma”, evidencia o potencial dessa técnica como ferramenta de apoio ao processo de modelagem de requisitos.

Por outro lado, algumas respostas apontaram dificuldades na aplicação dos diagramas UML e Marte. Embora tenham compreendido a importância da sua representação, muitos sugeriram o fornecimento de tutoriais mais detalhados ou momentos adicionais de explicação, especialmente quanto ao uso do perfil Marte.

Em relação à visualização em Realidade Estendida, os participantes relataram que a criação dos cenários no Cospaces contribuiu significativamente para materializar as ideias discutidas nas fases anteriores. Houve destaque para o impacto da experiência imersiva na visualização dos requisitos e na identificação de possíveis falhas de interpretação. Alguns comentários também apontaram o valor dessa etapa para comunicação com as partes interessadas.

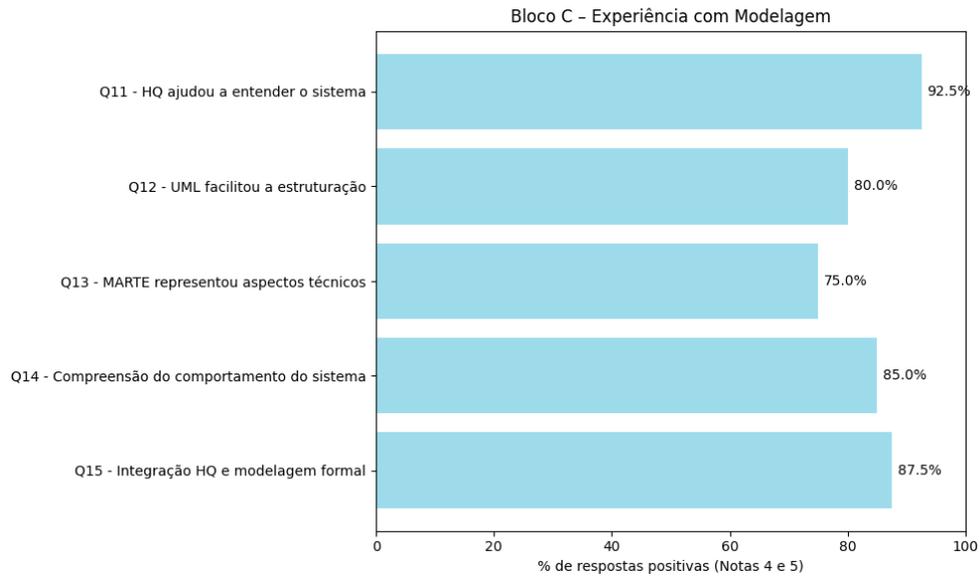


Gráfico 4.23: Resultado do Bloco C - Experiência com Modelagem

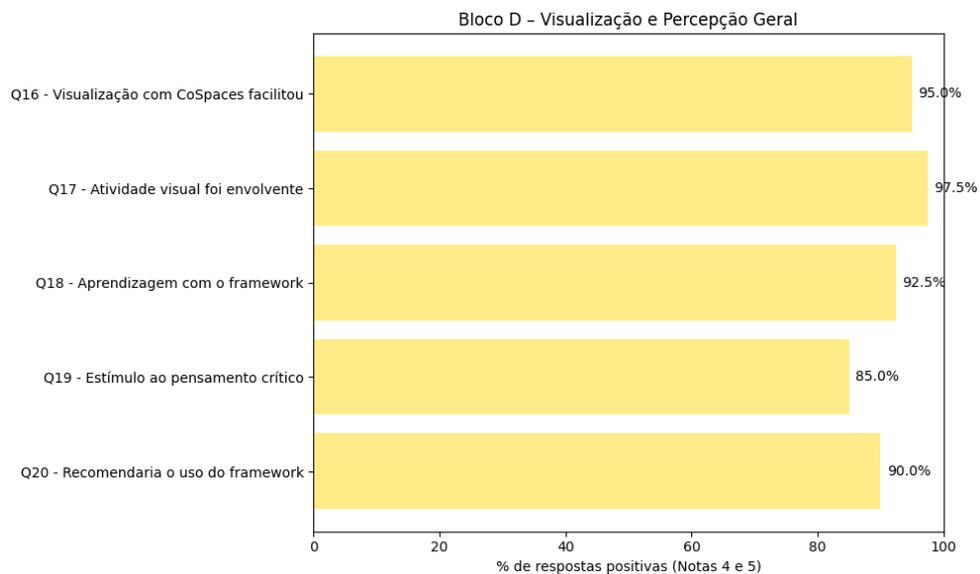


Gráfico 4.24: Resultado do Bloco D - Visualização e Percepção Geral

De modo geral, os resultados obtidos a partir do questionário evidenciam uma recepção positiva por parte dos participantes em relação à proposta do *framework*. As avaliações confirmam que os materiais de apoio foram úteis e bem integrados, que as etapas do processo foram compreendidas e que a experiência de modelagem e visualização contribuiu de forma significativa para o aprendizado dos conceitos e práticas envolvidos no desenvolvimento de sistemas IoT. Os índices de aprovação nas etapas de concepção com HQ, modelagem com UML/Marte e visualização com Cospaces reforçam a eficácia da abordagem adotada. Além disso, o reconhecimento do *framework* como uma ferramenta reaplicável em diferentes contextos e cenários demonstra seu potencial para gerar impacto para além do experimento realizado, consolidando-se como uma estratégia para amparar o processo de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas de IoT.

#### 4.4.4 Discussão do Experimento

O experimento teve como objetivo avaliar a aplicabilidade da estrutura proposta pelo *framework* no apoio às etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas de IoT. Os resultados observados na Subseção 4.4.3 foram organizados seguindo as três etapas do *framework* a concepção, modelagem e visualização de requisitos.

Durante a fase de concepção, o *framework* mostrou-se eficaz ao proporcionar uma estrutura orientadora que guiou os participantes na identificação de elementos essenciais de um sistema IoT. Os participantes foram incentivados a pensar no problema real que desejavam resolver e, a partir disso, definiram o propósito do sistema, os objetos inteligentes envolvidos, os sensores necessários, os tipos de dados a serem coletados e as formas de comunicação entre os dispositivos. Houve clareza nas ideias iniciais e na definição dos limites do sistema, especialmente pela possibilidade de associar ícones visuais às funções dos dispositivos, como sensores de presença, atuadores e fontes de energia. A utilização de uma narrativa em quadrinhos foi fundamental para facilitar a abstração e engajamento dos participantes, permitindo a expressão de cenários de uso de maneira lúdica e compreensível.

Na etapa de modelagem dos requisitos, o *framework* contribuiu para a estruturação lógica dos componentes e das interações do sistema. Os participantes foram capazes de mapear as relações entre sensores, objetos inteligentes e redes de comunicação. A representação gráfica padronizada dos elementos facilitou a criação de modelos coerentes, reduzindo ambiguidades e inconsistências comuns nas fases iniciais de levantamento de requisitos.

Ainda em modelagem, embora alguns grupos tenham optado por utilizar a extensão Marte para representar aspectos temporais e comportamentais, não foi conduzida uma análise sistemática comparando os modelos criados com e sem essa extensão. No entanto, observou-se que os grupos que utilizaram Marte tenderam a explorar com mais profundidade características típicas de sistemas IoT, como eventos assíncronos e interações temporizadas.

A visualização de requisitos, última etapa da aplicação do *framework*, revelou-se eficaz tanto como ferramenta de validação quanto como meio de visualização dos requisitos do sistema. As HQs e diagramas produzidos com os ícones da biblioteca visual foram utilizados para apresentar os elementos do sistema. Isso permitiu que os participantes, compreendessem o funcionamento do sistema IoT, identificassem possíveis falhas nos requisitos e elementos faltantes e sugerissem melhorias. Em avaliações, observou-se que a visualização aumentou o engajamento e reduziu o tempo de revisão e refinamento dos requisitos, além de auxiliar na identificação de requisitos.

A aplicação do questionário ao final do experimento teve como objetivo avaliar a percepção dos participantes sobre a clareza do *framework*, a utilidade dos materiais de apoio, a concepção, modelagem e a etapa de visualização de requisitos. De forma geral, os dados revelaram aprovação em relação a estrutura do *framework*.

A etapa de visualização, com uso do Cospaces, foi destacada como envolvente e facilitadora da compreensão dos requisitos, com mais de 95% de respostas positivas em itens relacionados à clareza e utilidade da ferramenta.

Em relação aos materiais de apoio, o manual do *framework* foi apontado como um recurso importante para auxiliar a condução das atividades. Os *flashcards*, mesmo sendo opcionais, foram mencionados por diversos participantes como facilitadores do entendimento das atividades do *framework*.

Quanto as respostas às questões abertas, muitos participantes relataram que a estrutura das atividades contribuiu para sua organização e entendimento dos requisitos de um sistema IoT. A etapa de visualização, foi associada a um maior engajamento, ao permitir ver os requisitos em um ambiente virtual. Entre os principais desafios apontados nas respostas abertas estiveram as

dúvidas pontuais sobre a notação Marte, o que indica espaços de melhoria para versões futuras do *framework* em nossos trabalhos futuros.

Em síntese, os resultados do experimento indicam que a aplicação da estrutura do *framework* promoveu uma abordagem que auxilia o desenvolvimento de requisitos para sistemas IoT. A combinação de elementos visuais com etapas bem definidas proporcionou suporte para as atividades envolvidas, facilitando a comunicação entre os envolvidos. A clareza conceitual, aliada à expressividade das representações visuais, contribuiu para a elaboração de requisitos mais completos, coerentes e alinhados aos objetivos do sistema proposto. Esses resultados reforçam o potencial do *framework* como ferramenta de apoio ao ensino.

Ressalta ainda, que *framework* proposto preenche lacunas identificadas em estudos anteriores, sobretudo ao propor uma estrutura com atividades para concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT. Trabalhos como os [Reggio, 2018] e [Aouedi et al., 2024], destacam a ausência de guias, modelos e/ou estratégias que apoiem o processo de concepção e modelagem de sistemas IoT e que ofereçam visualizações para validação dos requisitos. Nesse sentido, o *framework* avaliado se mostra relevante ao combinar as atividades do DSC, representações narrativas com HQs, modelagem técnica com UML e Marte e Realidade Estendida, elementos que, juntos, promoveram maior clareza do entendimento dos requisitos.

#### 4.4.5 Ameaças à Validade do Experimento

Como em qualquer investigação experimental, este estudo está sujeito a possíveis ameaças à validade, que devem ser reconhecidas e discutidas de forma transparente. As ameaças foram analisadas a partir das quatro dimensões tradicionais de validade em experimentos empíricos, a validade interna, externa, de construção e de conclusão [Wohlin et al., 2012].

A validade interna refere-se à confiança de que os efeitos observados no experimento são de fato atribuíveis às intervenções realizadas — neste caso, ao uso do *framework* para concepção, modelagem e visualização de requisitos de sistemas IoT. Uma possível ameaça nesta dimensão é a interferência do pesquisador, visto que houve acompanhamento ativo das equipes durante a execução das atividades. Embora o suporte tenha sido necessário para orientar o uso de ferramentas como UML e Marte, existe o risco de que explicações adicionais tenham influenciado as decisões dos participantes.

A validade externa diz respeito ao grau em que os resultados podem ser generalizados para outros contextos. Por se tratar de um experimento conduzido em ambiente educacional com um grupo específico (34 participantes de um curso superior), os achados podem não se aplicar integralmente a contextos profissionais, com diferentes perfis de usuários, níveis de experiência ou complexidade de projetos. No entanto, o *framework* foi concebido com flexibilidade e aplicabilidade ampla, e essa limitação pode ser mitigada por novos estudos em contextos diversos.

A validade de construção está relacionada à adequação dos instrumentos utilizados para medir o que se propõe a avaliar. O questionário foi desenvolvido com base em objetivos claros e revisado por pares, mas ainda assim pode ter limitações quanto à interpretação das escalas ou ao grau de compreensão das perguntas. Além disso, o uso da escala Likert, embora apropriado para mensurar percepções, pode ser sensível a tendências de resposta, como a centralização ou o viés de concordância.

Outro aspecto a considerar é que a aplicação dos materiais de apoio, como o manual, *flashcards* e a biblioteca de ilustrações, variou ligeiramente entre os grupos, de acordo com suas preferências e interpretações. Essa liberdade faz parte da proposta do *framework*, mas pode ter introduzido variações não controladas no modo como os participantes interagiram com os recursos, afetando os resultados.

A validade de conclusão refere-se à robustez estatística das interpretações realizadas. Embora o número de participantes tenha sido suficiente para observar tendências claras, o tamanho da amostra ainda é limitado. Não foram aplicadas análises estatísticas inferenciais, o que restringe as conclusões a uma abordagem descritiva. No entanto, a combinação entre dados das questões fechadas e das questões abertas proporcionou uma visão consistente sobre a efetividade do *framework*, reduzindo o impacto dessa limitação.

Apesar das ameaças apontadas, a exposição transparente das possíveis ameaças fortalece a qualidade científica do estudo e serve de base para futuros trabalhos que desejem replicar, adaptar ou expandir o *framework* proposto.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Este capítulo teve como objetivo central avaliar a aplicabilidade e a efetividade do *framework* proposto para apoiar a concepção, modelagem e visualização de requisitos em sistemas IoT. A avaliação foi realizada de maneira gradual e estruturada, iniciando-se por estudos de viabilidade e culminando na execução de um experimento controlado com a participação de 34 indivíduos organizados em seis grupos.

Os estudos de viabilidade buscaram analisar a utilização do *framework* em dois momentos distintos: concepção e modelagem de requisitos. Durante a concepção, foram conduzidas oficinas baseadas no Design Socialmente Consciente, nas quais os participantes identificaram problemas e demandas reais com impacto social, gerando quadros coletivos de análise, uso de post-its coloridos para representar partes interessadas e listas iniciais de requisitos. Esse processo revelou que a abordagem colaborativa e sensível ao contexto foi efetiva para estimular o pensamento crítico, a empatia e a compreensão mais profunda do problema a ser resolvido por meio da tecnologia.

Na etapa de modelagem de requisitos, avaliou-se o uso de representações narrativas com Histórias em Quadrinhos e diagramas em UML e Marte. Os resultados do estudo de viabilidade indicaram que a HQ foi um recurso importante para representar cenários de uso e facilitar o entendimento conceitual, mesmo entre participantes com baixa familiaridade técnica. Em contrapartida, os diagramas formais exigiram maior suporte e domínio técnico, sendo percebidos como úteis, mas mais desafiadores. Ainda assim, a transição da narrativa para a modelagem técnica demonstrou-se coerente e produtiva, especialmente quando acompanhada de exemplos e ilustrações.

Com base nos estudos de viabilidade, foi estruturado um experimento completo, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, para avaliar a aplicação do *framework* de maneira mais ampla. A fase de preparação envolveu o uso de um cenário comum para todos os grupos, materiais complementares e a organização dos participantes em bancadas. A execução do experimento abrangeu todas as etapas do *framework*: concepção com DSC, modelagem com HQ, UML e Marte, e visualização dos requisitos utilizando a plataforma Cospaces. Durante o processo, observou um envolvimento, colaboração e criatividade por parte dos grupos.

A análise dos resultados do experimento, por meio de questionários com questões fechadas e abertas, evidenciou percepções majoritariamente positivas em relação à clareza do *framework*, à utilidade dos materiais de apoio, à efetividade das técnicas de modelagem e à experiência com visualização imersiva. Em especial, a etapa de visualização foi apontada como motivadora, tendo favorecido o entendimento do comportamento esperado do sistema de forma concreta. A modelagem com HQ também foi valorizada, tanto por sua narrativa quanto por sua capacidade de organizar ideias de forma visual e sequencial.

Por fim, foram analisadas as ameaças à validade do experimento, considerando aspectos internos, externos, de construção e de conclusão. Embora tenham sido identificadas limitações relacionadas à amostragem, ao tempo disponível e ao grau de experiência dos participantes, os cuidados adotados, como a padronização dos materiais e a transparência na condução, contribuíram para assegurar a confiabilidade dos resultados.

Em síntese, a avaliação realizada neste capítulo confirma a viabilidade e a relevância do *framework* como estratégia para apoiar o desenvolvimento de sistemas IoT em contextos educacionais. A combinação entre métodos visuais, técnicos e participativos mostrou ser eficaz para ampliar a compreensão, promover o engajamento e estimular a reflexão e socialmente consciente entre os envolvidos. Os resultados obtidos fortalecem a proposta e abrem caminho para sua aplicação em diferentes contextos e cenários em trabalhos futuros.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho sumarizou uma pesquisa de doutorado, diante da questão de pesquisa proposta: **"Como definir, desenvolver e avaliar um *framework* que integre concepção, modelagem e visualização de requisitos, de modo a mitigar inconsistências e aumentar a participação das partes interessadas na identificação de requisitos em sistemas IoT?** Propomos uma abordagem estruturada e validada, composta por etapas metodológicas baseadas em atividades participativas e representações visuais. Através da integração entre o Design Socialmente Consciente na concepção, o uso de Histórias em Quadrinhos e Diagramas UML e estereótipos do perfil Marte na modelagem, e a Realidade Estendida na visualização, foi possível criar um *framework* estruturado e adaptável.

O trabalho foi motivado por desafios identificados na literatura, como a ausência de processos metodológicos integrados que envolvam, de forma prática e acessível, os diferentes perfis de participantes envolvidos no desenvolvimento de soluções em IoT. Ao longo da investigação, verificou-se que a elicitação de requisitos para sistemas IoT ainda enfrenta dificuldades relacionadas aos desafios naturais do processo de elicitação, como falhas na comunicação entre as partes interessadas, falta de clareza na definição dos requisitos e baixa colaboração entre os envolvidos. Esses fatores comprometem a formalização adequada dos requisitos e dificultam o alinhamento entre as expectativas dos usuários e as soluções tecnológicas propostas.

Apresentamos neste trabalho que faltam propostas que promovam a participação ativa dos envolvidos, conciliando abordagens técnicas e metodologias participativas que favoreçam o entendimento mútuo dos requisitos de IoT e suas implicações no projeto. Dessa forma, destaca-se a necessidade de um *framework* que seja estruturado e adaptável, que incorpore métodos visuais, narrativos e colaborativos, proporcionando uma visão comum dos requisitos no contexto de IoT.

A aplicação prática da proposta foi realizada por meio de estudos de viabilidade e um experimento, envolvendo participantes e a realização de atividades práticas. A metodologia contemplou desde a construção colaborativa de requisitos utilizando o Design Socialmente Consciente, passando pela modelagem com o uso de Histórias em Quadrinhos e Diagramas UML com extensão Marte, até a visualização dos requisitos em ambiente virtual de Realidade Estendida. A análise dos dados, coletados por meio de observação, a produção de artefatos e a aplicação de questionários, demonstrou que o *framework* é viável, compreensível e capaz de engajar os participantes nas diferentes fases do processo.

Além das etapas do *framework*, a tese propôs o uso de materiais de apoio, como um manual do *framework*, os *flashcards* e uma biblioteca de ilustrações. Esses recursos adicionais se mostraram fundamentais para orientar a aplicação do *framework*, facilitar a compreensão dos conceitos e apoiar a execução das atividades propostas.

Os estudos de viabilidade demonstraram que as atividades baseadas em DSC, complementadas por materiais de apoio (manual, *flashcards* e biblioteca de ilustrações), fomentam um ambiente em que as partes envolvidas convergem para uma compreensão comum dos problemas e valores em sistema proposto. A fase de modelagem confirmou que HQs funcionam como uma narrativa visual, enquanto UML oferece uma visão modelada em diagramas se estendendo com o perfil Marte.

O experimento, com 34 participantes distribuídos em grupos, validou a aplicabilidade do *framework*. Mais de 90 % dos participantes classificaram positivamente a clareza das etapas, a utilidade dos materiais complementares e o ganho de aprendizado proporcionado pela experiência imersiva. Os artefatos produzidos (Diagrama das Partes Interessada, lista de requisitos, HQs,

diagramas UML/Marte e cenas de RE) evidenciaram melhoria na consistência dos requisitos, redução de ambiguidades e maior engajamento dos envolvidos.

Assim, o **objetivo geral** da tese, resultou em um *framework* estruturado, que promove maior clareza, participação e aplicabilidade em contextos educacionais. E os **objetivos específicos** desta tese foram alcançados da seguinte forma:

- Em relação ao **primeiro objetivo** específico, foi definida e desenvolvida uma estrutura que apoia a concepção de requisitos para sistemas de IoT, fundamentada em princípios do Design Socialmente Consciente. Esta estrutura foi testada e refinada por meio de estudos de viabilidade e um experimento, o que possibilitou a elicitacão contextualizada e colaborativa entre os envolvidos.
- Quanto ao **segundo objetivo** específico, a estrutura foi ampliada para incluir a modelagem de requisitos, integrando duas abordagens complementares, as Histórias em Quadrinhos, com foco na representação visual e narrativa de requisitos e a modelagem com UML e o perfil Marte.
- Para o **terceiro objetivo** específico, a tese propôs uma etapa de visualização dos requisitos por meio de plataformas de Realidade Estendida, permitindo que os requisitos previamente modelados fossem representados em ambientes virtuais.
- E por fim, o **quarto objetivo específico** foi alcançado por meio da realização de um experimento. O experimento foi conduzido com base em um problema comum e utilizou materiais de apoio como o manual, os *flashcards* e a biblioteca de ilustrações. Os dados coletados, evidenciaram a clareza, a aplicabilidade e a utilidade da proposta.

Apesar dos resultados promissores, reconhecemos limitações, como: a amostra concentrou-se apenas em estudantes da área de Computação e o cenário proposto foi previamente estipulado.

Por fim, acredita-se que esta tese contribui para o avanço das discussões sobre metodologias participativas aplicadas à elucidação de requisitos em IoT, ao propor uma abordagem concreta e validada que amplia as possibilidades de integração entre as etapas de concepção, modelagem e visualização de requisitos para sistemas IoT.

## 5.1 TRABALHOS FUTUROS

Os resultados obtidos ao longo deste trabalho confirmam o potencial do *framework* para apoiar a concepção, a modelagem e a visualização de requisitos em sistemas IoT. Entretanto, algumas possibilidades de investigação podem ampliar o escopo, a robustez e a utilidade prática da proposta. Indicamos como trabalhos futuros decorrentes desta tese:

- Validação em contextos industriais: a avaliação realizada concentrou-se em ambientes educacionais e controlados; estudos de campo em empresas e setores permitirão analisar a viabilidade do *framework* diante de restrições de cronograma, orçamento e governança.
- Estudos de acompanhamento: acreditamos que a condução de estudos de longo prazo para acompanhar projetos reais desde a elicitacão até a implantação, possa verificar se os artefatos gerados com o *framework* permanecem úteis durante fases posteriores, como a implementação, testes e manutenção.

- Ampliação e refinamento dos *flashcards*: incluindo sua aplicação em diferentes domínios e com públicos variados, a fim de avaliar sua adaptabilidade e escalabilidade. Além disso, destaca-se a possibilidade de desenvolver versões dos *flashcards* organizadas por níveis de complexidade, voltadas para diferentes perfis de usuários, por exemplo, versões introdutórias para iniciantes e versões avançadas para profissionais com maior familiaridade com Engenharia de Requisitos e sistemas IoT. Essa abordagem pode tornar a aplicação do *framework* ainda mais acessível e personalizada, promovendo um aprendizado progressivo e mais eficaz dos conceitos envolvidos.
- Expansão da biblioteca de ilustrações: embora a biblioteca atual já inclua sensores, atuadores e ambientes genéricos, trabalhos futuros podem contemplar domínios específicos, como saúde, agricultura ou cidades inteligentes.
- Investigar de forma mais estruturada o impacto da utilização dos estereótipos do perfil Marte na clareza e na qualidade da modelagem de requisitos em projetos IoT.

Ao avançar nessas direções, espera-se fortalecer a contribuição científica e prática do *framework*, ampliando sua adoção em distintos cenários.

## REFERÊNCIAS

- [Abascal e Nicolle, 2005] Abascal, J. e Nicolle, C. (2005). Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware hci. *Interacting with computers*, 17(5):484–505.
- [Agualongo et al., 2022] Agualongo, P. B., Núñez, F. e Lignia, D. M. (2022). Análisis y funcionalidad de sistemas iot basados en prototipos y módulos comerciales. *Revista Ingeniería*, 6(15):156–161.
- [Aguilar-Calderón et al., 2022] Aguilar-Calderón, J.-A., Tripp-Barba, C., Zaldívar-Colado, A. e Aguilar-Calderón, P.-A. (2022). Requirements engineering for internet of things (iot) software systems development: A systematic mapping study. *Applied Sciences*, 12(15):7582.
- [Almeida et al., 2022] Almeida, E. M., Peres, L. M. e L’Erario, A. (2022). An approach to use comic strips to support iot systems requirements engineering. Em *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–6. IEEE.
- [Andrade e Bastos, 2019] Andrade, T. e Bastos, D. (2019). Extended reality in iot scenarios: Concepts, applications and future trends. Em *2019 5th Experiment International Conference (exp. at’19)*, páginas 107–112. IEEE.
- [Antonino et al., 2018] Antonino, P. O., Morgenstern, A., Kallweit, B., Becker, M. e Kuhn, T. (2018). Straightforward specification of adaptation-architecture-significant requirements of iot-enabled cyber-physical systems. Em *2018 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*, páginas 19–26. IEEE.
- [Aouedi et al., 2024] Aouedi, O., Vu, T.-H., Sacco, A., Nguyen, D. C., Piamrat, K., Marchetto, G. e Pham, Q.-V. (2024). A survey on intelligent internet of things: Applications, security, privacy, and future directions. *IEEE communications surveys & tutorials*.
- [Ashton et al., 2009] Ashton, K. et al. (2009). That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, 22(7):97–114.
- [Atziori et al., 2010] Atziori, L., IERA, A. e MORABITO, G. (2010). The internet of things: A survey computer networks. 2010. *Recuperado de:* < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download>.
- [Baranauskas et al., 2015] Baranauskas, C., Cecilia, M. et al. (2015). A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive systems. *INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER STUDIES*.
- [Baranauskas, 2014] Baranauskas, M. C. C. (2014). Social awareness in hci. *Interactions*, 21(4):66–69.
- [Baranauskas et al., 2024a] Baranauskas, M. C. C., Duarte, E. F. e Valente, J. A. (2024a). Socio-enactive interaction: Addressing intersubjectivity in ubiquitous design scenarios. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 40(13):3365–3380.
- [Baranauskas et al., 2024b] Baranauskas, M. C. C., Pereira, R. e Bonacin, R. (2024b). Socially aware systems design: a perspective towards technology-society coupling. *AIS Transactions on Human-Computer Interaction*, 16(1):80–109.

- [Barros et al., 2017a] Barros, D. M. R., Begosso, L. R., Fabri, J. A. e L'Erario, A. (2017a). The use of comic strips in the teaching of software engineering. Em *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–8. IEEE.
- [Barros et al., 2017b] Barros, D. M. R. et al. (2017b). A utilização de histórias em quadrinhos na especificação de requisitos de software. Dissertação de Mestrado, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- [Basili e Rombach, 2002] Basili, V. R. e Rombach, H. D. (2002). The tame project: Towards improvement-oriented software environments. *IEEE Transactions on software engineering*, 14(6):758–773.
- [Becherer et al., 2024] Becherer, M., Hussain, O. K., Zhang, Y., den Hartog, F. e Chang, E. (2024). On trust recommendations in the social internet of things—a survey. *ACM Computing Surveys*, 56(6):1–35.
- [Buchdid et al., 2019] Buchdid, S. B., Pereira, R. e Baranauskas, M. C. C. (2019). Pro-idtv: A sociotechnical process model for designing idtv applications. *Journal of Systems and Software*, 154:234–254.
- [Camburn et al., 2017] Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K. e Wood, K. (2017). Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3.
- [Carvalho et al., 2024] Carvalho, C. P. d., Junior, D. P. d. S., Teran, L. A., Mota, M. P. e Pereira, R. (2024). Playing with car: Cards with adaptation recommendations to make games playable for a broader audience. Em *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–15.
- [Carvalho et al., 2018] Carvalho, R. M., Andrade, R. M., Oliveira, K. M. e Kolski, C. (2018). Catalog of invisibility requirements for ubicomp and iot applications. Em *2018 IEEE 26th International Requirements Engineering Conference (RE)*, páginas 88–99. IEEE.
- [Catalano et al., 2022] Catalano, M., Chiurco, A., Fusto, C., Gazzaneo, L., Longo, F., Mirabelli, G., Nicoletti, L., Solina, V. e Talarico, S. (2022). A digital twin-driven and conceptual framework for enabling extended reality applications: A case study of a brake discs manufacturer. *Procedia Computer Science*, 200:1885–1893.
- [Choe et al., 2016] Choe, Y., Lee, S. e Lee, M. (2016). Save: an environment for visual specification and verification of iot. Em *2016 IEEE 20th International Enterprise Distributed Object Computing Workshop (EDOCW)*, páginas 1–8. IEEE.
- [Choi et al., 2019] Choi, G. K., Lee, S., Roh, B.-h., Kang, J. e Kim, S. (2019). A design of safety and disaster response system with xr, iot and lbs convergence. Em *2019 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI)*, páginas 1558–1559.
- [Christoulakis e Thramboulidis, 2016] Christoulakis, F. e Thramboulidis, K. (2016). Iot-based integration of iec 61131 industrial automation systems: The case of uml4iot. Em *2016 IEEE 25th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*, páginas 322–327. IEEE.
- [Clarke, 2020] Clarke, R. I. (2020). *Design Thinking*. Número Vol. 4 em Library Futures. ALA Neal-Schuman.

- [Costa et al., 2016] Costa, B., Pires, P. F. e Delicato, F. C. (2016). Modeling iot applications with sysml4iot. Em *2016 42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, páginas 157–164. IEEE.
- [Costa et al., 2017] Costa, B., Pires, P. F. e Delicato, F. C. (2017). 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.
- [d. Almeida et al., 2018] d. Almeida, E. M., Damasceno, E. F. e L’Erario, A. (2018). Teaching multidisciplinary teams requirements for undergraduate students: an approach to augmented reality software in design thinking context. Em *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–7.
- [da Silva et al., 2023] da Silva, B. C., Nascimento, R. e Viana, D. (2023). Reqmlscity: Uma ferramenta de análise de requisitos utilizando aprendizado de máquina para aplicações de cidades inteligentes. Em *Congresso Brasileiro de Software: Teoria e Prática (CBSOft)*, páginas 120–129. SBC.
- [Da Silva et al., 2020] Da Silva, D. V., De Souza, B. P., Gonçalves, T. e Travassos, G. (2020). Uma tecnologia para apoiar a engenharia de requisitos de sistemas de software iot. Em *23rd Iberoamerican Conference on Software Engineering*.
- [da Silva et al., 2018a] da Silva, J. V., Mendoza, Y. M., Duarte, E. F., Maíke, V. R., de França, B. B. N., Pereira, R. e Baranauskas, M. C. C. (2018a). Ferramenta dsc (design socialmente consciente) e direções para uma plataforma opendesign.
- [da Silva et al., 2016] da Silva, J. V., Pereira, R., Buchdid, S. B., Duarte, E. F. e Baranauskas, M. C. C. (2016). Sawd - socially aware design: An organizational semiotics-based case tool to support early design activities. Em Baranauskas, M. C. C., Liu, K., Sun, L., Neris, V. P. d. A., Bonacin, R. e Nakata, K., editores, *Socially Aware Organisations and Technologies. Impact and Challenges*, páginas 59–69, Cham. Springer International Publishing.
- [da Silva et al., 2018b] da Silva, J. V., Pereira, R., Hayashi, E. C. e Baranauskas, M. C. C. (2018b). Design practices and the sawd tool: Towards the opendesign concept. Em *International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations*, páginas 208–217. Springer.
- [de Almeida, 2022] de Almeida, E. M. (2022). Modelo para amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas iot. Em *Anais do XXV Congresso Ibero-Americano em Engenharia de Software*, páginas 400–407. SBC.
- [de Almeida et al., ] de Almeida, E. M., Peres, L. M. e L’Erário, A. Um framework para amparar o desenvolvimento de protótipos de sistemas iot.
- [de Freitas Silva et al., 2019] de Freitas Silva, M., de Araújo, N. A. e de Oliveira, E. d. N. (2019). Aprendizagem da matemática no ensino médio: O uso dos "trading card games" como estratégia pedagógica. *Revista Encantar*, 1(3):47–66.
- [El Raheb et al., 2021] El Raheb, K., Soulis, A., Nastos, D., Lougiakis, C., Roussou, M., Christopoulos, D., Sofianopoulos, G., Papagiannis, S., Rüggeberg, J., Katsikaris, L. et al. (2021). Eliciting requirements for a multisensory extended reality platform for training and

- informal learning. Em *CHI Greece 2021: 1st International Conference of the ACM Greek SIGCHI Chapter*, páginas 1–8.
- [Engström et al., 2020] Engström, E., Storey, M.-A., Runeson, P., Höst, M. e Baldassarre, M. T. (2020). How software engineering research aligns with design science: a review. *Empirical Software Engineering*, 25(4):2630–2660.
- [Falessi et al., 2018] Falessi, D., Juristo, N., Wohlin, C., Turhan, B., Münch, J., Jedlitschka, A. e Oivo, M. (2018). Empirical software engineering experts on the use of students and professionals in experiments. *Empirical Software Engineering*, 23:452–489.
- [Faugere et al., 2007] Faugere, M., Bourbeau, T., De Simone, R. e Gerard, S. (2007). Marte: Also an uml profile for modeling aadl applications. Em *12th IEEE International Conference on Engineering Complex Computer Systems (ICECCS 2007)*, páginas 359–364. IEEE.
- [Fernandes et al., 2022] Fernandes, J. D. L., Magalhães, I. A., Fernandes, N. D. L., de Barros Silva, P. G., Neves, B. G., de Menezes Pimenta, A. V. e Couto, J. L. P. (2022). Uso efetivo de flashcards como metodologia de ensino-aprendizagem na disciplina laboratório de ortodontia. *Research, Society and Development*, 11(4):e34511427347–e34511427347.
- [Ferrari et al., 2019] Ferrari, B., Junior, D. S., Oliveira, C. M., Ortiz, J. S. e Pereira, R. (2019). Design socialmente consciente de jogos: relato de uma oficina prática para o entendimento do problema e prospecção de ideias. Em *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*, páginas 11–20. SBC.
- [Ferraris e Fernandez-Gago, 2020] Ferraris, D. e Fernandez-Gago, C. (2020). Trustapis: a trust requirements elicitation method for iot. *International Journal of Information Security*, 19(1):111–127.
- [Gamma et al., 1995] Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., Johnson, R. E., Vlissides, J. et al. (1995). *Design patterns: elements of reusable object-oriented software*. Pearson Deutschland GmbH.
- [Ganesh, 2013] Ganesh, L. (2013). The effect of comic strips as a supplementary material to teach computer networks. Em *2013 IEEE Fifth International Conference on Technology for Education (t4e 2013)*, páginas 184–191. IEEE.
- [Geraldi et al., 2020] Geraldi, R. T., Reinehr, S. e Malucelli, A. (2020). Software product line applied to the internet of things: A systematic literature review. *Information and Software Technology*, 124:106293.
- [Glinz e Fricker, 2015] Glinz, M. e Fricker, S. A. (2015). On shared understanding in software engineering: an essay. *Computer Science-Research and Development*, 30:363–376.
- [Gomes et al., 2017] Gomes, T., Lopes, P., Alves, J., Mestre, P., Cabral, J., Monteiro, J. L. e Tavares, A. (2017). A modeling domain-specific language for iot-enabled operating systems. Em *IECON 2017-43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, páginas 3945–3950. IEEE.
- [Gregory, 2021] Gregory, S. (2021). Requirements for the new normal: Requirements engineering in a pandemic. *IEEE Software*, 38(2):15–18.

- [Guan et al., 2022] Guan, J., Irizawa, J. e Morris, A. (2022). Extended reality and internet of things for hyper-connected metaverse environments. Em *2022 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops (VRW)*, páginas 163–168. IEEE.
- [Guedes, 2018] Guedes, G. T. (2018). *UML 2-Uma abordagem prática*. Novatec Editora.
- [Haddad et al., 2024] Haddad, F. B. B., Almeida, E. M., Gimenez, C., L’Erario, A. e Peres, L. M. (2024). Socially aware design workshop to discover socio-technical requirements: Planning, execution, and results. Em *2024 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, páginas 1–9. IEEE.
- [Han e Leite, 2022] Han, B. e Leite, F. (2022). Generic extended reality and integrated development for visualization applications in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 140:104329.
- [Kaleem et al., 2019] Kaleem, S., Ahmad, S., Babar, M., Akre, V., Raian, A. e Ullah, F. (2019). A review on requirements engineering for internet of things (IoT) applications. *2019 Sixth HCT Information Technology Trends (ITT)*, páginas 269–275.
- [Karimi et al., 2021] Karimi, P., Gavagsaz-Ghoachani, R. e Phattanasak, M. (2021). Investigando a transferência de conteúdo científico com a ajuda de histórias em quadrinhos em nível de ensino superior. Em *Anais do Congresso de Pesquisa, Invenção e Inovação: Inovação Elétrica e Eletrônica (RI2C)*, páginas 205–210. IEEE.
- [Karkouch et al., 2016] Karkouch, A., Mousannif, H., Al Moatassime, H. e Noel, T. (2016). A model-driven architecture-based data quality management framework for the internet of things. Em *2016 2nd International Conference on Cloud Computing Technologies and Applications (CloudTech)*, páginas 252–259. IEEE.
- [Khattib e Alt, 2024] Khattib, H. e Alt, D. (2024). A quasi-experimental study on the advantages of digital gamification using cospaces edu application in science education. *Education and Information Technologies*, 29(15):19963–19986.
- [Kitchenham et al., 2009] Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J. e Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1):7–15.
- [Koç et al., 2021] Koç, H., Erdoğan, A. M., Barjakly, Y. e Peker, S. (2021). Uml diagrams in software engineering research: a systematic literature review. *Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings*, 74(1):13.
- [Kolkman et al., 2007] Kolkman, M. J., van der Veen, A. e Geurts, P. (2007). Controversies in water management: Frames and mental models. *Environmental Impact Assessment Review*, 27(7):685–706.
- [Kotronis et al., 2018] Kotronis, C., Nikolaidou, M., Dimitrakopoulos, G., Anagnostopoulos, D., Amira, A. e Bensaali, F. (2018). A model-based approach for managing criticality requirements in e-health IoT systems. Em *2018 13th annual conference on system of systems engineering (SoSE)*, páginas 60–67. IEEE.
- [Lenarduzzi e Taibi, 2016] Lenarduzzi, V. e Taibi, D. (2016). Mvp explained: A systematic mapping study on the definitions of minimal viable product. Em *2016 42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, páginas 112–119.

- [Likert, 1932] Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.
- [L'Erario et al., 2020] L'Erario, A., Gonçalves, J. A., Fabri, J. A., Pagotto, T. e Palácios, R. H. C. (2020). Cfdsd: a communication framework for distributed software development. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 26(1):1–21.
- [Matsuo et al., 2023] Matsuo, A. K., Araújo, M. J., Abreu, H. A., Oliveira, L. L., Cardoso, M. C. e Simões, W. S. (2023). Visualização de dados em tempo real de sensores iot usando realidade virtual e bim. Em *Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente-SBAI*, volume 1.
- [Meziane e Ouerdi, 2022] Meziane, H. e Ouerdi, N. (2022). A study of modelling iot security systems with unified modelling language (uml). *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(11).
- [Montiel-De Jesús et al., 2019] Montiel-De Jesús, A., Morales-Constantino, C., Ixmattlahua-Díaz, S. e Hernández-Chaparro, N. (2019). Integral platform to control and monitoring of potable water service in rural communities. Em *2019 8th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS)*, páginas 1–9. IEEE.
- [Morris et al., 2021] Morris, A., Guan, J. e Azhar, A. (2021). An xri mixed-reality internet-of-things architectural framework toward immersive and adaptive smart environments. Em *2021 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, páginas 68–74. IEEE.
- [Mouratidis e Diamantopoulou, 2018] Mouratidis, H. e Diamantopoulou, V. (2018). A security analysis method for industrial internet of things. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(9):4093–4100.
- [Murta e da Silva, 2024] Murta, M. S. e da Silva, R. I. (2024). Arquitetura de sistemas para detecção de perigos com iot e exibição de alertas em realidade aumentada. Em *Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP)*, páginas 71–80. SBC.
- [Nadeem et al., 2022] Nadeem, M. A., Lee, S. U.-J. e Younus, M. U. (2022). A comparison of recent requirements gathering and management tools in requirements engineering for iot-enabled sustainable cities. *Sustainability*, 14(4):2427.
- [Nakagawa et al., 2017] Nakagawa, E. Y., Scannavino, K. R. F., Fabbri, S. C. P. F. e Ferrari, F. C. (2017). *Revisão sistemática da literatura em engenharia de software: teoria e prática*. Elsevier Brasil.
- [Nakamoto et al., 2012] Nakamoto, P. T., Carrijo, G. A., Cardoso, A., Lima, L. V. d. O. e Lopes, E. J. (2012). Estratégia de engenharia de requisitos para ambientes de realidade aumentada. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 9:607–626.
- [Nascimento et al., 2023] Nascimento, R., Santos, V., Carvalho, B., Correia, J., Rivero, L., dos Santos, R. P., Silva, F. J., Teles, A. S. e Viana, D. (2023). Sysiotml: A technique for modeling applications in the context of iot. Em *ICEIS (2)*, páginas 187–194.
- [Nascimento et al., 2024] Nascimento, R., Silva, B., Avelino, G. e Viana, D. (2024). Assisting the requirements definition and modeling of iot applications through the reqm4iot tool. Em *Proceedings of the XXIII Brazilian Symposium on Software Quality*, páginas 286–297.

- [Neisse et al., 2014] Neisse, R., Fovino, I. N., Baldini, G., Stavroulaki, V., Vlacheas, P. e Giaffreda, R. (2014). A model-based security toolkit for the internet of things. Em *2014 Ninth International Conference on Availability, Reliability and Security*, páginas 78–87. IEEE.
- [Ng et al., 2024] Ng, D. T. K., Lai, W. Y. W., Jong, M. S.-y. e Ng, C. W. (2024). Using cospaces in augmented reality digital story creation: A thematic analysis. *Computers & Education: X Reality*, 5:100090.
- [Ohler et al., 2018] Ohler, F., Beutel, M. C., Gökay, S., Samsel, C. e Krempels, K.-H. (2018). A structured approach to support collaborative design, specification and documentation of communication protocols. Em *ENASE*, páginas 367–375.
- [Ossada e Martins, 2010] Ossada, J. C. e Martins, L. E. G. (2010). Um estudo de campo sobre o estado da prática da elicitação de requisitos em sistemas embarcados.
- [Patel e Cassou, 2015] Patel, P. e Cassou, D. (2015). Enabling high-level application development for the internet of things. *Journal of Systems and Software*, 103:62–84.
- [Pereira et al., 2013] Pereira, R., Baranauskas, M. C. e da Silva, S. R. (2013). Social software and educational technology: Informal, formal and technical values. *Educational Technology & Society*, 16:4–14.
- [Piccolo e Pereira, 2019] Piccolo, L. S. e Pereira, R. (2019). Culture-based artefacts to inform ict design: foundations and practice. *AI & SOCIETY*, 34(3):437–453.
- [Piya et al., 2017] Piya, C., , V., Chandrasegaran, S., Elmqvist, N. e Ramani, K. (2017). Co-3deator: A team-first collaborative 3d design ideation tool. Em *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, páginas 6581–6592.
- [Rahman et al., 2022] Rahman, M. W., Islam, R., Hasan, A., Bithi, N. I., Hasan, M. M. e Rahman, M. M. (2022). Intelligent waste management system using deep learning with iot. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 34(5):2072–2087.
- [Reggio, 2018] Reggio, G. (2018). A uml-based proposal for iot system requirements specification. Em *Proceedings of the 10th international workshop on modelling in software engineering*, páginas 9–16.
- [Ribeiro et al., 2019] Ribeiro, M., Castro, J., Vilela, J. e Pimentel, J. (2019). istar4safety: Uma extensão de istar para modelagem de requisitos de segurança em sistemas críticos. Em *WER*.
- [Robles-Ramirez et al., 2017] Robles-Ramirez, D. A., Escamilla-Ambrosio, P. J. e Tryfonas, T. (2017). Iotsec: Uml extension for internet of things systems security modelling. Em *2017 International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE)*, páginas 151–156. IEEE.
- [Roediger III e Karpicke, 2006] Roediger III, H. L. e Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological science*, 17(3):249–255.
- [Ruan e Wang, 2016] Ruan, C. e Wang, J. (2016). The timed abstract state machine based test requirement auto generation for embedded systems. Em *2016 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, páginas 334–339. IEEE.

- [Santos et al., 2016] Santos, B. P., Silva, L. A., Celes, C. S., Borges Neto, J. B., Peres, B. S., Vieira, M. A. M., Vieira, L. F. M., Goussevskaia, O. N. e Loureiro, A. A. (2016). Internet das coisas: da teoria à prática.
- [Santos et al., 2019] Santos, L., Pereira, J., Silva, E., Batista, T., Cavalcante, E. e Leite, J. (2019). Identifying requirements for architectural modeling in internet of things applications. Em *2019 IEEE International Conference on Software Architecture Companion (ICSA-C)*, páginas 19–26. IEEE.
- [Siakas et al., 2024] Siakas, E., Lampropoulos, G., Rahanu, H., Georgiadou, E., Siakas, D. e Siakas, K. (2024). Refiot: A framework to combat requirements engineering in iot applications and systems. Em *European Conference on Software Process Improvement*, páginas 80–96. Springer.
- [Silva et al., 2019] Silva, D., Gonçalves, T. G. e da Rocha, A. R. C. (2019). A requirements engineering process for iot systems. Em *Proceedings of the XVIII Brazilian symposium on software quality*, páginas 204–209.
- [Silva et al., 2021] Silva, H. d. A., Adriano, E., Scatolini, D. e Braga, R. T. V. (2021). Supporting iot-based applications to combat the aedes aegypti mosquito: a case in brazil. Em *2021 IEEE 34th International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)*, páginas 330–335. IEEE.
- [Silva e Baranauskas, 2020] Silva, J. V. d. e Baranauskas, M. C. C. (2020). Interaction spaces and socioenactive dimensions: Exploring perturbations of ioht. Em *Proceedings of the 19th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, páginas 1–10.
- [SIQUEIRA et al., 2023] SIQUEIRA, R. d. N. et al. (2023). Sysiotml: uma técnica para modelagem de aplicações no contexto de iot.
- [Sommerville et al., 2011] Sommerville, I. et al. (2011). Engenharia de software.[sl]. *Pearson Education*, 19:60.
- [Souza et al., 2025] Souza, S., Rodrigues, E., Meireles, M., Lauschner, T., Carvalho, L., Maldonado, J. C. e Conte, T. (2025). Techniques for eliciting iot requirements: Sensorina map and mind iot. *Journal of Systems and Software*, 222:112323.
- [Souza, 2023] Souza, S. R. d. (2023). Mapa da sensorina e mind iot: técnicas de elicitação de requisitos baseadas em design thinking para sistemas iot.
- [Souza Rodrigues et al., 2020] Souza Rodrigues, S., Luiz da Silva Genesio, V., Maria Barroso Paiva, D. e Pontin de Mattos Fortes, R. (2020). A case study on how brazilian companies deal with the user experience in iot projects. Em *Proceedings of the 38th ACM International Conference on Design of Communication*, páginas 1–7.
- [Stamper, 1973] Stamper, R. (1973). *Information in business and administrative systems*. John Wiley & Sons, Inc.
- [Strauss e Corbin, 1998] Strauss, A. e Corbin, J. (1998). Basics of qualitative research techniques.
- [Sundharam, 2019] Sundharam, S. M. (2019). Modeling of high level system requirements-an iot case-study. Em *2019 International Conference on Vision Towards Emerging Trends in Communication and Networking (ViTECoN)*, páginas 1–7. IEEE.

- [Takai et al., 2020] Takai, T., Shintani, K., Andoh, H. e Washizaki, H. (2020). Continuous modeling supports from business analysis to systems engineering in iot development. Em *2020 9th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, páginas 689–694. IEEE.
- [Tobita, 2011] Tobita, H. (2011). Comic computing: creation and communication with comic. Em *Proceedings of the 29th ACM international conference on Design of communication*, páginas 91–98.
- [Tori e da Silva Hounsell, 2020] Tori, R. e da Silva Hounsell, M. (2020). Introdução a realidade virtual e aumentada. *Interação*, 7:468.
- [Tori et al., 2006] Tori, R., Kirner, C. e Siscoutto, R. A. (2006). *Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. Editora SBC Porto Alegre.
- [Touzani e Ponsard, 2016] Touzani, M. e Ponsard, C. (2016). Towards modelling and analysis of spatial and temporal requirements. Em *2016 IEEE 24th International Requirements Engineering Conference (RE)*, páginas 389–394. IEEE.
- [Vinciarelli et al., 2009] Vinciarelli, A., Pantic, M. e Bourlard, H. (2009). Social signal processing: Survey of an emerging domain. *Image and vision computing*, 27(12):1743–1759.
- [Wagner e Cozmiuc, 2022] Wagner, R. e Cozmiuc, D. (2022). Extended reality in marketing—a multiple case study on internet of things platforms. *Information*, 13(6):278.
- [Weyrich e Ebert, 2015] Weyrich, M. e Ebert, C. (2015). Reference architectures for the internet of things. *IEEE Software*, 33(1):112–116.
- [Wohlin, 2014] Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. Em *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering*, páginas 1–10.
- [Wohlin et al., 2012] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B. e Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- [Zanetti e Bonacin, 2014] Zanetti, H. A. e Bonacin, R. (2014). Uma metodologia baseada em semiótica para elaboração e análise de práticas de ensino de programação com robótica pedagógica. Em *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 25, página 1233.
- [Zeng et al., 2020] Zeng, J., Yang, L. T., Lin, M., Ning, H. e Ma, J. (2020). A survey: Cyber-physical-social systems and their system-level design methodology. *Future Generation Computer Systems*, 105:1028–1042.

## APÊNDICE A – USO DE DESIGN SOCIALMENTE CONSCIENTE PARA APOIAR O DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS: UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

O desenvolvimento de soluções em Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) que incorporem demandas sociais representa um desafio crescente para organizações que buscam inovação com responsabilidade social. A inclusão de aspectos sociais no desenvolvimento de produtos e serviços tecnológicos não apenas contribui para maior aderência ao contexto real de uso, mas também pode promover a longevidade e a aceitação da solução no mercado. No entanto, essa abordagem requer a participação ativa de múltiplos stakeholders com diferentes perfis, o que introduz desafios naturais no processo de elicitação de requisitos, como dificuldades de comunicação entre as partes interessadas, falta de clareza na formulação das necessidades e limitações na colaboração ao longo do processo de desenvolvimento.

Neste cenário, o Design Socialmente Consciente surge como uma abordagem estratégica capaz de integrar valores sociais e culturais de forma deliberada no processo de design de TICs. Casos relatados na literatura indicam que o DSC tem sido aplicado com sucesso em diversos domínios, como tecnologias vestíveis, sistemas de televisão interativa e soluções para distribuição de energia, favorecendo o alinhamento entre aspectos técnicos e preocupações sociais. No entanto, embora existam evidências pontuais de sua aplicação, ainda é limitada a compreensão sistemática sobre como o DSC pode ser utilizado especificamente na etapa de concepção de requisitos — uma fase crítica em que são definidas as funcionalidades, restrições e expectativas do sistema a ser desenvolvido.

Com o intuito de preencher essa lacuna, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura com foco em investigar o uso do Design Socialmente Consciente no processo de concepção de requisitos para TICs. A pesquisa foi guiada por uma questão principal: **"De que forma o DSC tem sido aplicado na formulação e refinamento de requisitos em projetos de TIC?"**. O mapeamento também explorou aspectos associados ao papel dos artefatos sociais no apoio à comunicação e à co-construção de requisitos com múltiplas partes interessadas. O processo envolveu a coleta e análise de mais de 100 publicações científicas, passando por refinamentos sucessivos até a seleção de 12 estudos que abordam diretamente a relação entre DSC e a fase de concepção de requisitos. Os resultados obtidos não apenas evidenciam os benefícios do DSC para essa etapa, como também destacam práticas, estratégias e ferramentas utilizadas para tornar o processo mais inclusivo, colaborativo e sensível às demandas sociais.

Atualmente, o artigo encontra-se em fase final de elaboração e está sendo preparado para submissão.

## Uso De Design Socialmente Consciente para Apoiar o Desenvolvimento de Sistemas: Um Mapeamento Sistemático

---

### Abstract

*Contexto:* O desenvolvimento de sistemas de tecnologia da informação e comunicação que atendam a demandas sociais é uma necessidade crescente das organizações. A inclusão de demandas sociais pode promover a longevidade do produto ou serviço, além de garantir uma aderência maior ao negócio. A colaboração de muitos stakeholders distintos com o propósito de incluir demandas sociais pode comprometer o escopo do projeto e conseqüentemente o resultado final, entretanto a literatura relata vários casos de sucesso nos quais os designers permearam demandas sociais em soluções de tecnologia de wearables, tv, distribuição de energia, e outros. *Objetivo:* O objetivo deste trabalho é apresentar como Design Socialmente Consciente (DSC) é utilizado no desenvolvimento de produtos ou serviços de tecnologia de informação e comunicação (TICs). Este trabalho explora os impactos causados por esta modalidade de design no processo de construção da solução de tecnologia e também como ela influencia os requisitos. *Método:* O método de pesquisa deste trabalho foi o mapeamento sistemático. A principal questão de pesquisa foi explorada e também diversos parâmetros associados ao processo de design. *Resultados:* Foram necessárias a execução de 4 atualizações do mapeamento sistemático para responder a questão de pesquisa. Tais atualizações iniciaram com a obtenção de mais de 100 artigos sobre DSC, indicando um refinamento para cerca de 60 publicações e finalmente a seleção de 12 artigos principais. *Conclusões:* O DSC pode contribuir para projetos de várias maneiras, seja para criar, modificar, combinar ideias, ou até mesmo modificar a percepção de stakeholders. Em qualquer um destes propósitos, os autores mencionam a importância de artefatos sociais. Tais artefatos são predominantes nos trabalhos e ajudam nas interações dos usuários e na identificação de novas demandas pelos designers.

*Keywords:*

## 1. Introdução

O processo de produção da indústria, apoiada pela inovação tecnológica, passou por várias mudanças necessárias para enfrentar os mercados cada vez mais dinâmicos e competitivos. Como ponto de partida nesta evolução tecnológica e industrial, resalta-se a 1<sup>a</sup> (primeira) revolução industrial que ocorreu com o aprimoramento das máquinas a vapor e o surgimento do tear mecânico. Posterior a esta, a 2<sup>a</sup> (segunda) revolução industrial foi baseada na produção em massa e força hidráulica, enquanto que na 3<sup>a</sup> (terceira) revolução industrial começou a ser difundido o ambiente de Tecnologia da Informação (TI), com o avanço da eletrônica e a digitalização da produção [24] [22].

Desde o início deste século, a humanidade viu um enorme número de inovações em diversas áreas. O acesso à informação é onipresente, por volta do ano de 2010, emergiu um novo cenário da revolução industrial, a 4<sup>a</sup> (quarta) revolução industrial ou comumente conhecida por indústria 4.0 (quatro pontos zero), com uma carga alta de interatividade e uso massivo das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) [24].

A indústria 4.0 está mudando a maneira como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam, caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias digitais com o intuito de gerar novas soluções em produtos e serviços, de maneira eficaz e rápida, como uma resposta ágil a demanda e otimização de streaming da produção [42].

De acordo com [24], a indústria 4.0 possui dois fatores considerados principais: a integração (dados, serviços e pessoas) e a interoperabilidade, as quais representam a capacidade dos sistemas integrados se comunicarem e entenderem a funcionalidade um do outro. Pode-se destacar como componentes que envolvem o cenário 4.0 da indústria: internet das coisas (IoT), inteligência artificial, big data, realidades virtuais (aumentada, virtual, mista e estendida), computação em nuvem, entre outras. Tais componentes são empregados em aplicações como, cidades inteligentes, carros inteligentes, manufatura ativa, sistemas ciber-físicos e outros.

As TICs ganharam espaço para além dos ambientes produtivos, tais como indústrias e escritórios e passaram a estar inseridas em todos os aspectos

da vida social das pessoas, seja nas instituições de ensino, nos lares e/ou nos momentos de lazer, e que por meio de diferentes dispositivos e formas de acesso, ampliaram o seu alcance no mundo todo [32].

Os projetos de TICs são afetados diretamente pela indústria 4.0, pois suas demandas requerem a colaboração massiva de um conjunto heterogêneo de stakeholders, com o propósito de atender demandas advindas de organizações da sociedade. Naturalmente é consenso que qualquer solução tecnológica tenha sua concepção a partir do mapeamento destas demandas. Este mapeamento é desenvolvido de acordo com um propósito pré-determinado e pode ser realizado por meio de técnicas de elicitação de requisitos [24] ou estudos econômicos e ambientais que visam atender a uma organização em particular ou um conjunto delas.

Neste contexto, as soluções de TICs devem incorporar aspectos sociais que agregam valor ao produto ou serviço e o tornam mais usável, aplicado, ético e sustentável. A sustentabilidade é um elemento que agrega valor à solução, tornando-a mais integrada com a sociedade no que tange a demandas ambientais, sociais, individuais, técnicas e econômicas. O aumento da abrangência dos participantes durante a concepção de uma solução de TICs tende a criar soluções mais alinhadas, motivando o engajamento de todo um conjunto de pessoas [24].

As ciências sociais na computação têm ganhado destaque em pesquisas recentes, indicando a construção de softwares mais humanos dentro do contexto social em que estão inseridos, de tal forma a observar quais impactos sociais um sistema computacional pode causar. Além disso, a forma de percepção do mundo é cada vez mais revelada por meio de sistemas computacionais interativos, desta forma, o resultado final esperado pode ser distorcido no final do projeto [13].

Em busca por soluções computacionais mais sustentáveis, desponta o Design Socialmente Consciente (DSC), que por meio da teoria da semiótica organizacional e da realização de oficinas semioparticipativas, técnicas de design participativo, colaborativo e universal, elicitam requisitos que abrangem valores humanos, organizacionais, legais, culturais, econômicos e técnicos, divididos em níveis de design informal, formal e técnico. Desta forma, o nível técnico se constrói baseado nas informações que recebe do nível formal e informal. O processo de elicitação é iterativo, ou seja, vai do informal ao técnico e do técnico ao informal verificando necessidades de atualização do modelo [4].

Considerando o grau de comprometimento que cada stakeholder tem em

relação aos níveis de design discutidos por [18], é aparente que um volume de dados gerados para concepção da solução seja heterogêneo e além disso, cada stakeholder pode apresentar um conhecimento específico e ter um propósito específico, de acordo com sua demanda. O conjunto não limitado destes atores pode ativamente influenciar a concepção do produto do ponto de vista de DSC e por isso, precisam ser incluídos no processo de criação.

Para desenvolver um projeto de TICs muitas reuniões são necessárias e empregar o DSC pode promover produtos e serviços que atendam as expectativas de sustentabilidade, de organizações e de valores humanos, além de promover a longevidade e usabilidade da solução. A comunicação, interação e percepções entre os stakeholders tendem a aumentar a complexidade do desenvolvimento de um projeto. Muitos usuários diferentes e autônomos que divergem sobre um mesmo assunto/objeto podem tornar requisitos mais voláteis e acarretar ambiguidades na concepção dos projetos [26]. Além disso, os responsáveis em determinar e elicitar os requisitos nem sempre estarão fisicamente colocados e disponíveis, seja pela própria configuração organizacional ou por força maior, como é o caso da pandemia (Covid-19). Mitigar tais conflitos maximizam a eficácia e a satisfação dos participantes ([30]).

O DSC promove uma interação mais efetiva entre os stakeholders, independentemente de seus níveis e comprometimento com o resultado final. As informações são permeadas no design que podem conseqüentemente criar novos produtos ou serviços, combinar ideias, modificar produtos ou serviços existentes ou modificar a percepção, de acordo com as demandas mapeadas. Neste sentido, o DSC pode ser um componente vantajoso quando o propósito é alicerçar uma solução de indústria 4.0. Além desse fator, o DSC e seus pilares podem produzir um desenvolvimento mais ágil e inteligente, com o objetivo de produzir mais com um custo menor e manter a qualidade.

### *1.1. Objetivo*

O objetivo deste estudo é apresentar um mapeamento sistemático da literatura (MSL), a fim de relatar as evidências e indícios do uso do DSC como amparo no desenvolvimento das TICs. É apresentado como as demandas: social, individual, ambiental, econômica e técnica, são inseridas nas soluções de TICs, de forma implícita ou explícita, e como apoiam seu desenvolvimento. Para isso, um conjunto de strings de busca é definido, e sua estratégia de condução e resultado obtido pode ser usado pela comunidade acadêmica e da indústria interessadas neste tema.

A questão de pesquisa (Q1) do mapeamento é: Como o DSC pode amparar no desenvolvimento das TICs? Para amparar esta pesquisa foi necessário identificar qual a influência e o impacto do DSC no desenvolvimento em um projeto de TICs.

O objetivo do estudo pode ser observado por meio do paradigma Goal-Question-Metric (GQM) [5], como demonstrado na tabela 1. Nesta é possível identificar quais pontos foram analisados para elaboração deste trabalho, o relato das evidências e indícios do DSC no desenvolvimento de TICs em relação aos pilares da sustentabilidade, do ponto de vista de pesquisadores específicos da área em um determinado contexto da literatura.

Tabela 1: Objetivo de acordo com o paradigma GQM [5]

<b>Analisar</b>	Publicações científicas (estudos)
<b>Com o propósito de</b>	Relatar as evidências e indícios do uso do SAwD no desenvolvimento de soluções de ICT
<b>Em relação a</b>	Demandas sociais, econômicas, individuais, organizacionais e pessoais inseridas nas soluções das TICs
<b>Do ponto de vista dos</b>	Pesquisadores de computação, empresas de desenvolvimento de software, e partes envolvidas
<b>No contexto de</b>	Estudos primários disponíveis nas bases de dados automáticas (Scopus e Science Direct)

### 1.2. Estrutura do trabalho

Este trabalho contribui para o corpo de conhecimento existente sobre DSC e TICs. Para a academia, foi identificadas lacunas de pesquisa importantes que viabilizam uma investigação mais aprofundada. Para o setor produtivo a identificação de pilares que podem amparar no processo de desenvolvimento de sistemas. Assim, este trabalho está organizado: seção 2 apresenta o referencial teórico e a contextualização. A seção 3 apresenta a metodologia de pesquisa empregada, definindo o planejamento e a condução deste processo. A seção 4 relata os resultados obtidos a partir do mapeamento, respondendo as questões de pesquisa. A seção 5 discute as ameaças a

validade e a seção 6 apresenta as conclusões e as direções futuras de pesquisa no domínio em questão.

## 2. Background

O DSC afeta diretamente o resultado final. Suas contribuições centram-se em promover um melhor alinhamento entre as demanda e os stakeholders e propiciar maior longevidade da solução. Para que tal abordagem seja inserida em um cenário produtivo, é necessário alicerçar os conceitos de DSC, os conceitos relacionados a sustentabilidade e a processos de design. Esta seção explora tais conceitos, incluindo uma abordagem ao conceito de protótipo que é um artefato presente no processo de design.

### 2.1. DSC

A diversidade cultural, econômica e social, regional ou mundial, requer a construção de sistemas computacionais capazes de possibilitar acesso a todos, sem discriminação, conforme o paradigma do design for all (DA) [4]. Desta forma, valores humanos, emoção, afeto, motivação, segurança, sociabilidade, crenças, costumes e regras precisam ser consideradas no design e implementação de sistemas que envolvem as TICs [32].

O DSC baseia-se na realidade socioeconômica e cultural de um grupo de stakeholders e tem como objetivo obter uma visão de design mais ampla, envolvendo as diferentes partes interessadas no processo de elicitação de requisitos e design, enfatizando não apenas requisitos técnicos, mas também requisitos informais e formais que irão favorecer a construção de um sistema mais sustentável, com menor custo de manutenção, menor número de solicitação de mudanças e maior índice de aceitação do produto final [15]. Neste contexto, o DSC utiliza a semiótica organizacional, para descobrir e modelar os valores humanos, hábitos, culturas, procedimentos e regras que envolvam os diferentes tipos de usuários de um sistema computacional, a fim de atrelar estes elementos ao nível técnico do sistema [18].

Na Figura 1, a representação da cebola semiótica, a qual ilustra a interação entre os níveis informal, formal e técnico, a sociedade e o design. Sendo que no nível informal devem ser observadas a interação das pessoas com a sociedade, cotidiano, cultura e valores humanos, no nível formal como a sociedade se organiza, baseada nas leis, regras e modelos e no nível técnico devem estar representados os artefatos tecnológicos construídos com os dados dos níveis anteriores [4].

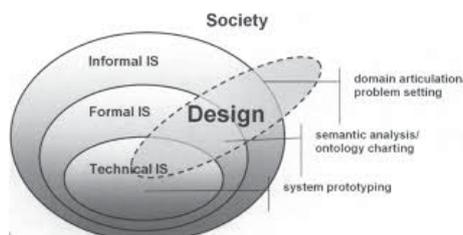


Figura 1: Semiotic onion [4].

Desta forma, o DSC propõe práticas participativas e inclusivas que envolvem diversas pessoas com diferentes papéis, tais como desenvolvedores, designers, patrocinadores, usuários finais ou outras partes interessadas que serão devidamente identificadas para propor soluções de tecnologia [15].

## 2.2. O processo de design

O design pode ser caracterizado por criar soluções para problemas que afetam uma ou várias pessoas, por meio da formulação do problema, representação, avaliação e reflexão da solução proposta. Tem sido estudado como método de desenvolvimento de inovações, transpondo o status de modelar apenas a aparência do produto, mas englobando também aspectos estratégicos do negócio, focado no usuário e em suas necessidades. O design é um caminho para a execução das metas do negócio e novas oportunidades empreendedoras [11].

As metodologias de design são utilizadas em processos para o desenvolvimento de novos produtos ou para melhorias de produtos existentes. Elas podem ser orientadas a processos com procedimentos sequencias ou descritivas, orientada a produtos, por meio de heurísticas e boas práticas, sendo esta mais flexível e centrada no usuário, porém a maioria das metodologias abrange aspectos de ambos os paradigmas, que se combinadas, se tornam flexíveis, aplicáveis a vários cenários e capazes de melhorar a eficiência do projeto [25].

A necessidade em criar produtos ou adaptar os atuais para atender às demandas mercadológicas antes dos concorrentes, exige maior rapidez e esforço dos designers, que buscam trabalhar simultaneamente com vários especialistas. A diversidade de membros da equipe, assim como o envolvimento dos usuários no processo de design, acarretam em problemas de comunicação e

organização, exigindo a utilização de métodos e técnicas de design para lidar com esta interação e compartilhamento do conhecimento [25].

Se ao mesmo tempo é possível utilizar técnicas consolidadas para gerenciar reuniões e encontrar soluções, como design thinking [14] por exemplo, delinear uma reunião com todos os stakeholders, cada um com seu propósito, pode conduzir a resultados obtusos em função da perda de foco e escopo, visto que a principal medida de sucesso de um sistema de software é o grau em que ele atende ao propósito para o qual foi planejado [28].

### 2.3. Sustentabilidade

Mudanças que ocorrem atualmente sob à sensibilidade ambiental obrigam organizações a adotarem uma nova abordagem para o problema [31]. A Sustentabilidade é uma área crescente do campo da engenharia de software, e tem sua origem na dependência da sociedade moderna em sistemas de software padrão [38], sendo neste contexto, a sustentabilidade tratada como a capacidade de um sistema sociotécnico perdurar [6]. Hilty e Aebischer [20], definem a sustentabilidade como a capacidade de um sistema ou uma função deste sistema de continuar operacional ao longo do tempo. O desenvolvimento sustentável definido pela comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento [8] relata o dever em atender as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras. Ambos conceitos, apontam a sustentabilidade como algo a mais do que simplesmente uma medida de tempo.

No contexto de desenvolvimento de softwares, a sustentabilidade é caracterizada por pelo menos quatro dimensões, econômica, social, ambiental e técnica, mas que podem ser exploradas separadamente, sendo a sustentabilidade alcançada de fato quando as quatro dimensões forem atendidas [19].

Dentre os desafios encontrados na sustentabilidade, um deles é não existir consenso sobre a definição de sustentabilidade. Cada pesquisador tem uma compreensão do significado de sustentabilidade [35]. O consenso sobre a sustentabilidade ainda está emergindo na engenharia de software, mesmo com tentativas de uma definição padrão [38], porém, o manifesto Karlskrona para design de sustentabilidade [7], fornece uma base comum para que toda a comunidade envolva-se com a sustentabilidade, resguardando um conjunto de compromissos e princípios. Entre os princípios, a importância de reconhecer a sustentabilidade é explícita, por mais que o foco principal do projeto não seja a sustentabilidade. Este autor cita que a sustentabilidade deve ser

construída baseada em cinco dimensões: ambiental, econômica, individual, social e técnica.

#### *2.4. Ferramentas disponíveis*

Segundo [37], através dos artefatos tecnológicos, a sociedade disponibiliza o conhecimento criado. Porém, nem todos conseguem acesso. Diversos autores reportam que os limitantes a serem vencidos não são tecnológicos e sim econômicos e sociais.

O paradigma da semiótica organizacional, tem como base a realidade social dos agentes que dela participam. No decorrer do processo de design, inúmeros artefatos (informais, formais e técnicos) são usados como ferramentas de mediação e comunicação, dentre os participantes. No nível formal, são encontrados itens como: leis, modelos e métodos, os artefatos recebem intenções e significados, gerados pela sociedade. No nível técnico, os artefatos são tecnológicos, mensuram ações de níveis anteriores, parte vinda da camada formal e outra da informal [4].

Faria [17] relata de formas mais explícitas as ferramentas que utilizou, sendo: análise de stakeholders, quadro de avaliação, análise colateral e o framework semiótico, este empregado na fase inicial de viabilidade do projeto, apoiando na elucidação de qual tecnologia era a preferida da empresa e de quais infraestruturas computacionais seriam mais adequadas, facilitando assim a implementação e diminuindo o custo do projeto.

### **3. Método de pesquisa**

Pesquisas em engenharia de software podem ser realizadas por meio da busca por evidências relatadas em trabalhos científicos. A engenharia de software baseada em evidências, colabora no fornecimento de informações que auxiliam os profissionais de TICs na adoção de métodos, tecnologias e ferramentas que sejam mais adequados no desenvolvimento de projetos de software. A busca por evidências atuais em pesquisas que possam ser integradas com experiências práticas e valores humanos podem ser descobertas por meio de mapeamento sistemático da literatura (MSL) e revisão sistemática da literatura (RSL). Neste contexto, o diferencial deste trabalho está em analisar como os trabalhos identificados no MSL desenvolvem seus produtos e serviços, e a contribuição, é consolidar uma visão abstrata de como o DSC influencia nos projetos e processos de uma forma mais generalizada.

Para atingir o objetivo do estudo, um MSL é conduzido para mapear as evidências do DSC no amparo de projetos TICs, para tal serão baseadas as diretrizes propostas por [21], envolvendo três fases principais: planejamento, conduta de revisão e análise dos resultados.

Na fase de planejamento foi elaborado um protocolo detalhado, que deve descrever o processo e os métodos a serem aplicados no MSL. O protocolo tem como principal objetivo diminuir os vieses que podem ocorrer durante a execução da MSL, definindo-se a estratégia de pesquisa, critérios de inclusão e exclusão, extração de dados, apresentação dos resultados [29].

Para identificação dos estudos foi necessário definir uma estratégia de busca, constituída em 4 fases: (i) identificação de palavras-chave, considerando a questão da pesquisa; (ii) sinônimos baseados em estudos relevantes sobre DSC e desenvolvimento de software (iii) uso do operador "ou"("OR") entre sinônimos e identificados; (iv) uso do operador "e"("AND") para conectar as palavras-chave. Para a busca será utilizada a língua universal inglês, por ser a língua utilizada nas bases de dados eletrônicas selecionadas, e o idioma nativo (Português), assim serão aceitos para a pesquisa, estudos em inglês e português, não permitindo a inserção de estudos em outros idiomas.

O processo de mapeamento sistemático pode incluir várias atualizações. Tais atualizações buscam melhorar a string de busca e promover um melhor alinhamento entre os trabalhos encontrados e a questão de pesquisa. Cada atualização implica na execução novamente de todo o processo de mapeamento sistemático, que além disso pode incluir parâmetros para análise dos trabalhos. Cada novo parâmetro de análise deve ser discutido entre os pesquisadores com o propósito de evitar compreensões ambíguas entre eles e conseqüente distorções durante o processo de análise mas, não é descartada a análise em pares cujo propósito é verificar se os critérios de análise são homogêneos entre os pesquisadores.

Também foram adotadas as diretrizes de snowballing propostas por [40], a fim de enriquecer sistematicamente os estudos primários.

### 3.1. Mapeamento Sistemático

A fim de identificar o conjunto inicial de estudos, foram realizadas cinco atividades distintas: construir uma string de busca, (2) definir critérios de inclusão / exclusão de conjunto, (3) definir procedimento de seleção (4) aplicar filtros de seleção (5) aplicar critérios de inclusão / exclusão (6) otimizar string de busca (quando necessário). Foram definidas quatro strings, executadas em períodos distintos, além da aplicação da técnica de snowballing.

A Tabela 2 apresenta as quatro execuções da string de busca em períodos distintos. A primeira execução, com área não especificada foi realizada em agosto de 2020, a otimização da primeira execução ocorreu no mês subsequente, limitando a área da computação, e esse processo se repetiu para as próximas execuções otimizadas. Ressalta-se que a técnica de snowballing foi realizada em paralelo a otimização da quarta execução da string, a fim de amparar os resultados identificados.

Tabela 2: Relação de strings de busca aplicadas

#	Search strings	Period
<b>1st search</b>	((“Socially Aware Design”OR “Socially Aware Computing”OR “collaborative design”) AND (“Software development”OR “Information and Communication Technology”OR “ICT”OR “Information technology”OR “Software Engineering”OR “Software architecture”))	August 2020
<b>2nd search</b>	((“Socially Aware Design” OR “Socially Aware Computing”) AND “Software development”OR “ICT” OR “Information technology”OR “Software Engineering” OR “Software architecture”)	September 2020
<b>3rd search</b>	((“Socially Aware Design”OR “Socially Aware Computing”OR “Socially Conscious Design”) AND “Software development”OR “ICT”OR “Information technology”OR “Software Engineering”)	October/ November 2020
<b>4th search</b>	((“Socially Aware Design”OR “Socially Aware Computing”OR “Socially Conscious Design”) AND “Software development”OR “Information and Communication Technology”OR “ICT”OR “Information technology”)	December/ January 2020
<b>Snowballing</b>	-	December/ January 2020

Para identificar as principais evidências encontradas na literatura acerca

das evidências e indícios do uso do Design Socialmente Consciente como amparo no desenvolvimento das TICs, foi definido uma questão de pesquisa:

- Q1: Como os pilares do Design Socialmente Consciente podem influenciar no desenvolvimento das TICs?

Tal questão de pesquisa foi amparada por quatro subquestões de pesquisa, as quais foram granularizadas em 3 subquestões (SQ):

- SQ1: Which SAD Pillars are involved in the process?
- SQ2: Was there an influence on the requirements?
- SQ3: Way of working (remote / face-to-face / hybrid)
- SQ4: Was there an influence on coding / design?

Para execução da string de busca foram definidas as seguintes bases automáticas: Scopus <sup>1</sup> e ScienceDirect<sup>2</sup>, tal escolha deve-se ao fato de serem mecanismos de pesquisa considerados eficientes, sendo realizada a utilização da mesma string para ambas bases.

Foi definido um filtro temporal ao conjunto de estudos, compreendido entre os anos de 2015 até o período de 2020, apenas na área de Ciência da Computação, enfatizando esta definição de área, sendo válida a partir da execução da segunda string.

### 3.2. Operacionalização

Para amparar a seleção dos estudos, foram adotados os procedimentos de seleção dos estudos e a definição dos critérios de inclusão (CI) e exclusão (CE).

- CI1: O estudo deve apresentar evidências do uso de DSC no desenvolvimento das TICs;
- CI2: Publicações que apresentam o uso de pilares do design consciente para apoiar o desenvolvimento de TICs;

---

<sup>1</sup><https://www.elsevier.com>

<sup>2</sup>[www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)

- CI3: Publicações que apresentam evidências do uso do DSC na fase de requisitos;
- CE1: Não foram selecionadas publicações que não atenderam aos critérios de inclusão;
- CE2: Não foram selecionadas publicações que possuíam linguagem diferente do Inglês e Português (idioma nativo);
- CE3. Não foram selecionadas publicações que não estavam disponíveis o conteúdo para leitura e análise dos dados;
- CE4: Não foram selecionadas publicações duplicadas;
- CE5: Não foram selecionadas publicações que não foram revisadas por pares (literatura cinzenta, como teses, relatórios científico-técnico, livros, dentre outros materiais).

A fim de selecionar os estudos relevantes da pesquisa, todos os autores deste trabalho revisaram e analisaram cada estudo identificado. O procedimento de seleção dos estudos foi dividido em três filtros distintos e complementares: leitura do título e resumo, seguido por leitura da introdução e conclusão, e por fim leitura completa dos estudos. A estratégia de busca e revisão foi determinada por todos pesquisadores deste estudo, para garantir que não perca nenhum estudo. Cada estudo foi verificado por pelo menos dois pesquisadores de forma independente para minimizar o impacto potencial de qualquer viés. O discordâncias sobre as opiniões de pesquisa e seleção foram resolvidas em discussão conjunta.

Para suportar a extração de dados, os detalhes do estudo foram armazenados em um formulário. O formulário para a extração de dados fornece: o ID do estudo, e informações referentes a questão de pesquisa e suas subquestões, o qual pode ser acessado no link <sup>3</sup>. Na condução da primeira string, foram retornados 122 estudos, destes 12 são duplicatas, resultando em 110, nesta primeira execução não determinado a área de busca, e utilizado o termo design colaborativo, o qual deveria incluir o design participativo, universal, centrado no usuário, assim, inserindo estratégias de busca, foram executadas a segunda e terceira string, onde 69 estudos foram retornados, 2 duplicatas, totalizando 67 estudos a serem analisados.

---

<sup>3</sup><https://bit.ly/3sLAiky>

#### 4. Resultados

Desde a execução da primeira string, foi possível observar que a literatura aponta o uso dos conceitos de DSC em vários projetos. A fim de otimizar a análise e ressaltar o diferencial deste trabalho, foram explorados a aplicação de artefatos para atingir o sucesso no desenvolvimento e/ou soluções de produtos e serviços. Visando explorar os resultados a partir da execução da segunda string, foi obtido um resultado de 69 estudos retornados, destes 2 duplicatas, totalizando em 67 estudos para análise. Sobre esse grupo foi aplicado o 1st filtro (leitura do título e abstract) e os critérios de inclusão e exclusão, resultando em 36 estudos, prosseguindo para o 2nd filtro (leitura da introdução e conclusão) e aplicação dos critérios, como resultado, 12 estudos selecionados para análise completa (3rd filtro). Destes 12 estudos, 10 estudos preencheram os critérios, além disto foi aplicado a técnica de snowballing, a qual amparou na identificação de dois estudos, [4] [43], totalizando o MSL em 12 estudos, como apresentado na Figura 2. Vale destacar, a aplicação da técnica do snowballing, resultou na identificação de um estudo de 2005 e 2010, os quais não se enquadram no filtro temporal determinando, entretanto devido a relevância para o tema DSC, os mesmos foram incluídos no resultado final do MSL. Assim, foram retornados, 1 trabalho publicado em 2005, 1 em 2010, 1 em 2015, 1 em 2016, 1 em 2017, 3 em 2018, 3 em 2019 e 1 em 2020, resultando no 12 estudos analisados.

Com a revisão em pares, foi possível identificar que os 12 estudos apresentaram de maneira explícita ou não a dimensão social da sustentabilidade, além de abordar os três níveis da cebola semiótica, formal, informal e técnico. Todos os estudos analisados relataram sobre significados, responsabilidades e compromissos do processo e stakeholders, neste sentido entende-se que todos os trabalhos abordam a camada informal da cebola semiótica, respondendo assim a SQ1. Dentre os trabalhos resultantes, foi possível identificar que as técnicas de DSC influenciam no processo de desenvolvimento, a fim de deixar o processo/produto mais sustentável. O que ressalta a SQ2, pois o DSC não é utilizado para elicitar os requisitos, mas empregado em fase posterior, gerando uma tendência em seu de uso.

Outro ponto observado na análise dos estudos foi a forma de trabalhos dos envolvidos (SQ3), como supramencionado a comunicação, interação e percepções entre os stakeholders tendem a aumentar a complexidade do desenvolvimento de um projeto, e a configuração organizacional seja presencial ou remota pode impactar nesse desenvolvimento. Neste sentido, apenas o

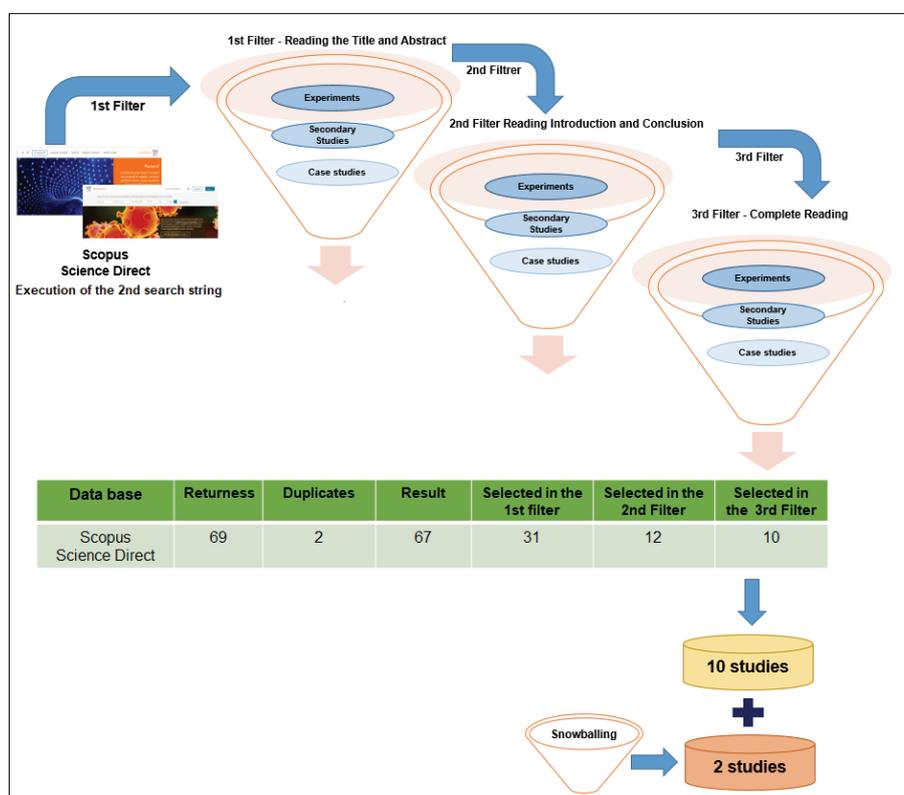


Figura 2: Fluxo de seleção dos estudos retornados.

Tabela 3: Final results papers

ID	Ref	Title
1	[9]	Pro-IDTV: A sociotechnical process model for designing IDTV application
2	[3]	A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive system
3	[39]	Social signal processing: Survey of an emerging domain
4	[44]	A survey: Cyber-physical-social systems and their system-level design methodology
5	[1]	Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware HC
6	[33]	Culture-based artefacts to inform ICT design: foundations and practice
7	[15]	SAwD -Socially Aware Design: An Organizational Semiotics-Based CASE Tool to Support Early Design Activities
8	[16]	Design Practices and the SAwD Tool: Towards the Opendesign Concept
9	[34]	Co-3Deator: A team-first collaborative 3D design ideation too
10	[30]	A structured approach to support collaborative design, specification and documentation of communication protocol
11	[43]	Uma Metodologia Baseada em Semiótica para Elaboração e Análise de Práticas de Ensino de Programação com Robótica Pedagógica
12	[4]	Social Awareness in HCI

trabalho os trabalhos ID 10 [16] e ID 12 [30] relataram a configuração. O estudo ID 10 [16] abordou uma forma organizacional híbrida, tanto remota quanto presencial, sendo ajustada de acordo com o cenário. Já o ID 12 [30] destaca apenas a forma presencial. Todos os trabalhos, objetos de estudo desta pesquisa, apresentaram o uso de vários tipos de design, tais como design participativo, colaborativo, centrado no usuário, universal e socialmente consciente.

Além disso, neste trabalho foram explorados os protótipos dentro dos artigos encontrados. Um protótipo, segundo [10], é uma representação de uma pré-produção capaz de mostrar uma ou mais características do produto final. Este mesmo artigo descreve o uso de protótipos em diversos trabalhos seja

para atrair investidores (como é relatado o uso por Michelangelo), seja para melhorar a produção (Henry Ford no modelo de veículo T preto), seja para relatar elementos arquiteturais, a ciência envolvida entre outros. O protótipo é um dos componentes do design. Pode ser desenvolvido em qualquer fase do design e segundo [10] existem vários objetivos ao utilizar um protótipo, tais como: refinamento, comunicação, exploração e active learn. Além disso, [10], apresenta uma heurística associada ao protótipo e ao design. Assim como o design de sistemas, o DSC demanda o uso de protótipos por vários motivos. Neste sentido o protótipo pode ser empregado porque representa o resultado final porém com custos menores (menor uso de recurso humano, material, processo e tempo). Além disso, trata-se de uma ferramenta poderosa para promover uma taxonomia comum entre os diversos tipos de stakeholders existentes e suas demandas. Vale ressaltar que tal artefato além de demonstrar o resultado final possibilita sua otimização antes mesmo de produzi-lo. Neste contexto a taxonomia apresentada por [10] aborda elementos de protótipos: exploratório, de comunicação e de refinamento. A tabela 4 indica o artigo (ID) e o propósito identificado.

Tabela 4: Propósito dos protótipo - Análise

ID	Propósito do Protótipo
1	Exploratório + Comunicação
2	Exploratório + Comunicação + Refinamento
3	Não relatado
4	Exploratório + Comunicação
5	Não relatado
6	Exploratório + Comunicação + Refinamento
7	Exploratório + Comunicação
8	Não relatado
9	Exploratório + Comunicação
10	Não relatado
11	Exploratório + Comunicação + Refinamento
12	Exploratório + Comunicação + Refinamento

A tabela 4 apresenta os protótipos identificados nos trabalhos sobre aspectos:

- Não relatado: O artigo não relatou nenhum protótipo empregado;

- Exploratório: O protótipo foi utilizado como ferramenta para investigar o objeto;
- Comunicação: O protótipo foi utilizado como ferramenta para que os designers pudessem transferir conhecimento sobre a possível solução;
- Refinamento: O protótipo foi utilizado para aperfeiçoamento do objeto.

Além disso, dois trabalhos mencionados ([4] e [9]) apresentaram um mínimo produto viável. Um MVP, segundo [23], é a implementação de uma versão do produto, suficiente para que um usuário final escolhido possa utilizá-lo e fornecer feedback.

Assim, ao realizar o MSL foi possível observar que o desenvolvimento de produtos e soluções comumente utilizam aspectos do DSC e pilares da sustentabilidade de forma implícita, por outro lado, a utilização maneira explícita pode possibilitar um processo de produção mais ágil e inteligente, ao mesmo tempo, atendendo aos pilares sustentáveis e inserindo efetivamente os envolvidos em todo processo de produção. Esse resultado pode ser importante para direcionar novas pesquisas na área considerando o interesse das empresas de software e academia.

## 5. Ameaças a validade

Para identificação das ameaças à validade, recorreremos as diretrizes propostas por Shull et al. [36], Wohlin et al. [41] e Zhou et al. [45], que retratam quatro tipos distintos de ameaças que podem ser influenciadas pela forma de condução da aplicação do mapeamento sistemático. Assim ameaças à validade deste estudo, bem como suas alternativas de mitigação estão descritas nesta seção.

### 5.1. Construct Validity

A definição dos conceitos dos termos-chave para condução deste estudo foi advinda de definições consensuais pelo entendimento de todos os autores, de forma a garantir uma linearidade na síntese qualitativa dos estudos. Enfocamos na interpretação compartilhada de conceitos que permeiam a definição do DSC. Referente a questão e subquestões de pesquisa, estas podem não ser capazes de cobrir completamente todos os estudos que descrevem o conteúdo relacionado.

### *5.2. Internal Validity*

Uma ameaça à validade neste estudo poderia ser o método de pesquisa usado. Visto que o MSL é composto por análises em pares dos estudos. A fim de abordarmos a validade e a confiabilidade de nossa análise, todos os autores deste trabalho avaliaram todos os 12 artigos finais. A partir deles foram extraídas as informações referente aos artefatos supramencionados. Estas informações são exibidas quantitativamente durante este trabalho.

### *5.3. External Validity*

O protocolo predefinido é adequado para coletar estudos representativos do uso do DSC como amparo no desenvolvimento das TICs. É consenso que os resultados deste estudo de mapeamento sistemático foram considerados a partir de um domínio, e que suas conclusões são válidas apenas para o tópico em questão. Neste, foram selecionados estudos com indícios de DSC em desenvolvimento de sistemas no período de 2015 a 2020. Pretende-se, continuar validando a análise com a inserção de novas questões de busca.

### *5.4. Conclusion Validity*

Visando mitigar o viés pessoal causado por julgamentos individuais durante a seleção de estudos, foi definido um protocolo de estudo apoiado por uma estratégia de busca usando critérios de inclusão e exclusão. Contudo, o entendimento sobre esses critérios pode ser diferente para diversos pesquisadores e, portanto, a seleção de estudos pode oferecer retornos distintos. Para atenuar isso, foi aplicado uma rigorosa avaliação do protocolo de estudo buscando um consenso comum dos autores no que compete a definição de todos os critérios e questões envolvidas durante a seleção dos estudos.

## 6. Conclusões

Este trabalho apresentou um estudo de como o DSC apoia o desenvolvimento de projeto de TICs. Todos os trabalhos antecederam um processo produtivo ou executavam uma linha paralela de execução a um processo já existente. O propósito do DSC nestes casos foi o de combinar, criar e modificar a percepção de stakeholders. Todos os casos utilizaram uma tecnologia de design colaborativo em função da natureza centrada no usuário [12]. As ferramentas empregadas no processo de design colaborativo permeiam a construção de protótipos cujo objetivo é provocar o usuário, o cliente ou outro stakeholder. As ferramentas utilizadas nos trabalhos identificados adicionam ao projeto a capacidade de materializar artefatos sociais, tornando formal aspectos relacionados a percepções dos stakeholders, por exemplo. Notou-se que o trabalho de design está centrado no usuário e o foco das ações desencadeadas pelo DSC estão principalmente associadas aos sistemas e não ao software. Estas ações foram concretizadas em reuniões que reuniram os diversos stakeholders. Neste sentido, [2], apresenta um conjunto de fatores que comprometem o escopo do projeto (complexidade, incerteza, risco, especificação, clientes, tarefas) e a intersecção destes fatores centra-se na comunicação. Nós acreditamos que a presença de um expertise em todas as reuniões mitigou tais problemas. Além disso, na indústria 4.0 pessoas, sistemas e máquinas estão se integrando, em busca de um processo de produção muito mais ágil e inteligente, neste a utilização de dos pilares da sustentabilidade de DSC pode amparar no processo de otimização, podendo resultar em maior produção, menor custos, stakeholders focados em todo processo, e mantendo a qualidade do produto e/ou serviço.

### 6.1. Trabalhos futuros

Os trabalhos identificados neste estudo relatam a efetividade do DSC aplicado ao desenvolvimento de TICs. Porém, não foram encontrados estudos mais aprofundados que exploravam aspectos relacionados ao turnover de stakeholders. O turnover, segundo [27], pode causar danos severos na manutenibilidade do sistema.

Além disso, um outro aspecto associado a restrição dos trabalhos identificados neste estudo, foi que todos apresentam seus relatos de projeto em uma única iteração. Projetos de TICs tendem a exigir várias iterações, sendo assim, a falta da existência de mais iterações, pode indicar certa carência em publicações de projetos maiores fazendo o uso do DSC.

Uma limitação comum em todos os trabalhos foi o uso de ações de *brainstorming* presenciais. Todos os trabalhos apresentam em algum momento uma reunião presencial com stakeholders. Esta ambientação é relatada presencialmente e tal ação pode não ser possível durante a pandemia ou em função das distâncias físicas entre stakeholders. A distância física pode afetar diretamente os projetos de TICs, conforme relato de [26].

Ainda nesta linha, o DSC pode agrupar em uma reunião muitas pessoas o que pode ocasionar conflitos e conseqüentemente perda de escopo, por exemplo. Nenhum estudo demonstrou como combinar as pessoas envolvidas em grupos de reuniões com o propósito de mitigar os efeitos dos conflitos.

Um outro trabalho futuro muito relevante seria também identificar como as ações de DSC podem ser incorporadas em processos produtivos já existentes. O propósito do DSC nas TICs pode, como consequência, modificar um processo consolidado em execução. Nenhum trabalho apresentou tal estudo, ou seja, analisar uma modificação causada pelo uso do DSC em um processo consolidado. Talvez este efeito não tenha sido explorado porque todos os trabalhos apresentaram-se como branch de um projeto maior ou a construção de um projeto independente.

Todos os projetos identificados na literatura não demonstraram explicitamente preocupação de segurança da informação e compliance. Neste sentido, ao agrupar diversos stakeholders em um cenário colaborativo uma questão relacionada a privacidade das pessoas e também a dados da organização (dados estratégicos, por exemplo) não foram discutidas nos trabalhos. Além disso, questões regulatórias, associadas a ações de compliance não foram mencionadas.

Os trabalhos identificados trataram tecnologias associadas a Indústria 4.0. e seus componentes, como big data, sistemas de informação entre outros. Notou-se uma ausência em ações associadas ao volume de dados disponibilizados nas redes sociais como fonte de informações permeáveis nas camadas da cebola semiótica.

Houve também uma importante abstração do propósito da aplicação DSC no desenvolvimento de TICs. Trata-se de não somente apontar o direcionamento dos produtos e serviços de tecnologia, mas também incluir a evolução da percepção dos stakeholders. Tal façanha ficou evidente nos trabalhos [9] [4], nos quais os autores atentaram-se a regras culturais, enfatizando a necessidade de modificar uma inércia cultural existente na população. Esta abordagem conduz uma mudança de percepção e por isso, acreditamos que o DSC possa ser empregado com sucesso na educação e treinamento.

Por ser uma abordagem nova e embasado pelos apontamentos acima, ainda existem questões: Sua aplicabilidade é importante? Seu método é funcional? sem a devida resposta, porém, fica claro que sua metodologia, faz com que a parte de geração de artefatos técnicos, não se limite as funcionalidade, fazendo com que os envolvidos em um projeto que faz uso do DSC, se atentem aos impactos causados no ambiente sociais. Pretende-se então realizar um estudo mais aprofundado abordando tais questionamentos, bem como realizar experimentos no setor produtivo a fim de investigar tal aplicabilidade, e então realizar análises estatísticas dos resultados dos dados reportados pelas empresas em relação a DSC e os pilares da sustentabilidade.

### Referências

- [1] Abascal, J. and Nicolle, C. (2005). Moving towards inclusive design guidelines for socially and ethically aware hci. *Interacting with computers*, 17(5):484–505.
- [2] Ajmal, M., Khan, M., and Al-Yafei, H. (2019). Exploring factors behind project scope creep—stakeholders’ perspective. *International Journal of Managing Projects in Business*.
- [3] Baranauskas, C., Cecilia, M., et al. (2015). A value-oriented and culturally informed approach to the design of interactive systems. *INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER STUDIES*.
- [4] Baranauskas, M. C. C. (2014). Social awareness in hci. *Interactions*, 21(4):66–69.
- [5] Basili, V. R. and Rombach, H. D. (1988). *Towards a comprehensive framework for reuse: A reuse-enabling software evolution environment*. University of Maryland.
- [6] Becker, C., Betz, S., Chitchyan, R., Duboc, L., Easterbrook, S. M., Penzenstadler, B., Seyff, N., and Venters, C. C. (2016). Requirements: The key to sustainability. *IEEE Software*, 33(1):56–65.
- [7] Becker, C., Chitchyan, R., Duboc, L., Easterbrook, S., Penzenstadler, B., Seyff, N., and Venters, C. C. (2015). Sustainability design and software: The karlskrona manifesto. In *2015 IEEE/ACM 37th IEEE International Conference on Software Engineering*, volume 2, pages 467–476.

- [8] Brundtland, G. H., Khalid, M., Agnelli, S., Al-Athel, S. A., Chidzero, B., Fadika, L. M., Hauff, V., Lang, I., Ma, S., Botero, M. M., and Singh, N. (1987). *Our common future ; by world commission on environment and development*. Oxford University Press.
- [9] Buchdid, S. B., Pereira, R., and Baranauskas, M. C. C. (2019). Pro-idthv: A sociotechnical process model for designing idtv applications. *Journal of Systems and Software*, 154:234–254.
- [10] Camburn, B., Viswanathan, V., Linsey, J., Anderson, D., Jensen, D., Crawford, R., Otto, K., and Wood, K. (2017). Design prototyping methods: state of the art in strategies, techniques, and guidelines. *Design Science*, 3.
- [11] Canedo, E. D. and Almeida, F. V. (2019). A study on the design thinking approach in universities. In *Proceedings of the XV Brazilian Symposium on Information Systems, SBSI'19*, New York, NY, USA. Association for Computing Machinery.
- [12] Clarke, R. I. (2020). *Design Thinking*. Number Vol. 4 in Library Futures. ALA Neal-Schuman.
- [13] Connolly, R. (2020). Why computing belongs within the social sciences. *Commun. ACM*, 63(8):54–59.
- [14] d. Almeida, E. M., Damasceno, E. F., and L’Erario, A. (2018). Teaching multidisciplinary teams requirements for undergraduate students: an approach to augmented reality software in design thinking context. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–7.
- [15] da Silva, J. V., Pereira, R., Buchdid, S. B., Duarte, E. F., and Baranauskas, M. C. C. (2016). Sawd - socially aware design: An organizational semiotics-based case tool to support early design activities. In Baranauskas, M. C. C., Liu, K., Sun, L., Neris, V. P. d. A., Bonacin, R., and Nakata, K., editors, *Socially Aware Organisations and Technologies. Impact and Challenges*, pages 59–69, Cham. Springer International Publishing.
- [16] da Silva, J. V., Pereira, R., Hayashi, E. C., and Baranauskas, M. C. C. (2018). Design practices and the sawd tool: Towards the opendesign concept. In *International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations*, pages 208–217. Springer.

- [17] de Faria, J. M. B. (2006). *Artefatos da semiótica organizacional na elicitación de requisitos para soluções de data warehouse*. fevereiro de 2006.
- [18] Ferrari, B., Junior, D. S., Oliveira, C. M., Ortiz, J. S., and Pereira, R. (2019). Design socialmente consciente de jogos: relato de uma oficina prática para o entendimento do problema e prospecção de ideias. In *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*, pages 11–20. SBC.
- [19] García-Mireles, G. A., Ángeles Moraga, M., García, F., Calero, C., and Piattini, M. (2018). Interactions between environmental sustainability goals and software product quality: A mapping study. *Information and Software Technology*, 95:108–129.
- [20] Hilty, L. M. and Aebischer, B. (2015). Ict for sustainability: An emerging research field. In Hilty, L. M. and Aebischer, B., editors, *ICT Innovations for Sustainability*, pages 3–36, Cham. Springer International Publishing.
- [21] Kitchenham, B., Brereton, O. P., Budgen, D., Turner, M., Bailey, J., and Linkman, S. (2009). Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. *Information and software technology*, 51(1):7–15.
- [22] Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H.-G., Feld, T., and Hoffmann, M. (2014). Industrie 4.0. *Wirtschaftsinformatik*, 56(4):261–264.
- [23] Lenarduzzi, V. and Taibi, D. (2016). Mvp explained: A systematic mapping study on the definitions of minimal viable product. In *2016 42th Euromicro Conference on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA)*, pages 112–119.
- [24] Lu, Y. (2017). Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues. *Journal of industrial information integration*, 6:1–10.
- [25] Luiz Fernando de Carvalho Botega, T. A. B. d. O. e. D. d. C. F. (2017). Complementing engineering design using design thinking: An assistive technology approach. *Blucher Design Proceedings*, 3(12):572 – 581.
- [26] L’Erario, A., Gonçalves, J. A., Fabri, J. A., Pagotto, T., and Palácios, R. H. C. (2020a). Cfdsd: a communication framework for distributed software development. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 26(1):1–21.

- [27] L’Erario, A., Thomazinho, H. C. S., and Fabri, J. A. (2020b). An approach to software maintenance: A case study in small and medium-sized businesses it organizations. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, 30(05):603–630.
- [28] Melegati, J., Goldman, A., Kon, F., and Wang, X. (2019). A model of requirements engineering in software startups. *Information and software technology*, 109:92–107.
- [29] Nakagawa, E. Y., Scannavino, K. R. F., Fabbri, S. C. P. F., and Ferrari, F. C. (2017). *Revisão sistemática da literatura em engenharia de software: teoria e prática*. Elsevier Brasil.
- [30] Ohler, F., Beutel, M. C., Gökay, S., Samsel, C., and Krempels, K.-H. (2018). A structured approach to support collaborative design, specification and documentation of communication protocols. In *ENASE*, pages 367–375.
- [31] Patón-Romero, J. D., Baldassarre, M. T., Rodríguez, M., Runeson, P., Höst, M., and Piattini, M. (2021). Governance and management of green it: A multi-case study. *Information and Software Technology*, 129:106414.
- [32] Pereira, R., Baranauskas, M. C., and da Silva, S. R. (2013). Social software and educational technology: Informal, formal and technical values. *Educational Technology & Society*, 16:4–14.
- [33] Piccolo, L. S. and Pereira, R. (2019). Culture-based artefacts to inform ict design: foundations and practice. *AI & SOCIETY*, 34(3):437–453.
- [34] Piya, C., , V., Chandrasegaran, S., Elmqvist, N., and Ramani, K. (2017). Co-3deator: A team-first collaborative 3d design ideation tool. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 6581–6592.
- [35] Saputri, T. R. D. and Lee, S.-W. (2021). Integrated framework for incorporating sustainability design in software engineering life-cycle: An empirical study. *Information and Software Technology*, 129:106407.
- [36] Shull, F., Singer, J., and Sjøberg, D. I. (2007). *Guide to advanced empirical software engineering*. Springer.

- [37] Varian, H. (2005). *Acesso universal à informação Com. do ACM*48. outubro de 2005.
- [38] Venters, C. C., Seyff, N., Becker, C., Betz, S., Chitchyan, R., Duboc, L., McIntyre, D., and Penzenstadler, B. (2017). Characterising sustainability requirements: A new species red herring or just an odd fish? *2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering in Society Track (ICSE-SEIS)*, pages 3–12.
- [39] Vinciarelli, A., Pantic, M., and Bourlard, H. (2009). Social signal processing: Survey of an emerging domain. *Image and vision computing*, 27(12):1743–1759.
- [40] Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. In *Proceedings of the 18th international conference on evaluation and assessment in software engineering*, pages 1–10.
- [41] Wohlin, C., Runeson, P., Höst, M., Ohlsson, M. C., Regnell, B., and Wesslén, A. (2012). *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- [42] Zabadal, B. M. and de Castro, B. F. L. M. (2017). Iot e seus principais desafios. *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, 3(1).
- [43] Zanetti, H. A. and Bonacin, R. (2014). Uma metodologia baseada em semiótica para elaboração e análise de práticas de ensino de programação com robótica pedagógica. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 25, page 1233.
- [44] Zeng, J., Yang, L. T., Lin, M., Ning, H., and Ma, J. (2020). A survey: Cyber-physical-social systems and their system-level design methodology. *Future Generation Computer Systems*, 105:1028–1042.
- [45] Zhou, X., Jin, Y., Zhang, H., Li, S., and Huang, X. (2016). A map of threats to validity of systematic literature reviews in software engineering. In *2016 23rd Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC)*, pages 153–160. IEEE.

## APÊNDICE B – MATERIAIS DE APOIO E COMPLEMENTARES

Neste apêndice, são apresentados três materiais complementares e de apoio ao *framework* para o desenvolvimento de sistemas baseados em IoT. Esses materiais foram desenvolvidos com o objetivo de oferecer suporte prático, didático e metodológico às equipes envolvidas no processo. Embora não sejam de uso obrigatório, sua utilização é fortemente recomendada, pois potencializam o entendimento das etapas, favorecem a colaboração entre os participantes e contribuem para a padronização e a qualidade dos artefatos gerados.

O **manual do *framework*** apresenta uma descrição estruturada de todas as etapas e atividades previstas, funcionando como um guia prático para facilitar sua aplicação em diferentes contextos, sejam eles educacionais, profissionais ou de pesquisa.

O material **Como utilizar o *framework***, apresenta um guia prático, que orienta facilitadores, educadores e equipes técnicas desde o entendimento conceitual até a avaliação final do processo. Esse guia detalha cada fase do *framework*, fornece exemplos de atividades, indica ferramentas que podem ser utilizadas e oferece sugestões para adaptação de acordo com o tempo disponível, o perfil da equipe e o contexto de aplicação. A proposta é transformar o *framework* em uma ferramenta acessível, estruturada e dinâmica, capaz de ser aplicada de forma clara e eficiente em diferentes cenários e contextos.

E os ***flashcards***, foram elaborados como um recurso de apoio as etapas de concepção, modelagem e visualização dos requisitos. Com um conjunto de perguntas e provocações organizadas por categorias, os *cards* têm como objetivo estimular o pensamento crítico, promover reflexões sobre aspectos técnicos e sociais dos sistemas IoT e facilitar o diálogo entre os participantes durante as dinâmicas do processo.

### B.1 O MANUAL DO *FRAMEWORK*

# Manual do *Framework*

---

# Um *Framework* para Amparar o Processo de Desenvolvimento de Sistemas IoT usando Design Socialmente Consciente, Representações Visuais e Realidade Estendida

Bem-vindo(a) ao **Manual do Framework para Concepção, Modelagem e Visualização de Requisitos em Sistemas IoT**. Este documento foi elaborado para guiá-lo, passo a passo, na aplicação de um método integrador que combina técnicas participativas, representações visuais e validação imersiva.

O manual está organizado em três módulos: **Concepção, Modelagem e Visualização**, cada qual com objetivos claros, atividades descritas em linguagem simples e exemplos práticos. Todas as etapas podem ser seguidas em sequência ou utilizadas de forma independente, conforme a necessidade do seu projeto ou disciplina.

Para tornar a experiência mais dinâmica, disponibilizamos **materiais complementares**:

- **Flashcards**: perguntas, conceitos e dicas rápidas para apoiar oficinas e discussões.
- **Biblioteca de ilustrações** — ícones de sensores, objetos, rede e demais, prontos para Histórias em Quadrinhos, diagramas UML/Marte ou visualização em Realidade Estendida.

Ao longo do manual, você encontrará:

1. **Tempo sugerido**
2. **Objetivo e artefatos de cada atividade e materiais necessários;**
3. **Passo a passo simplificado;**

Nosso propósito é fornecer uma ferramenta adaptável, capaz de envolver diferentes perfis de envolvidos, reduzir ambiguidades na elicitação de requisitos para sistemas IoT.

Esperamos que este manual se torne seu aliado na criação de sistemas IoT mais precisos e alinhados às reais necessidades dos usuários.

Boas práticas e ótimo trabalho.

*Eduarda Maganha de Almeida*

## O Framework

O desenvolvimento de sistemas complexos, especialmente aqueles que integram aspectos humanos, sociais e tecnológicos, exige uma abordagem estruturada para garantir que os **requisitos sejam compreendidos, bem definidos e comunicados de forma clara** entre todas as partes envolvidas. Para isso, propomos um *framework* que atua como guia durante as etapas de **Concepção, Modelagem e Visualização** de requisitos para amparar o desenvolvimento de sistemas de Internet das Coisas.

O *framework* organiza o processo de elicitação de requisitos para sistemas IoT em três módulos, a Concepção, Modelagem e Visualização, articulados por um fluxo lógico, mas desacoplados para que possam ser utilizados de forma sequencial ou isolada, conforme a necessidade do projeto. A estrutura do *framework* é apresentada na Figura 1.

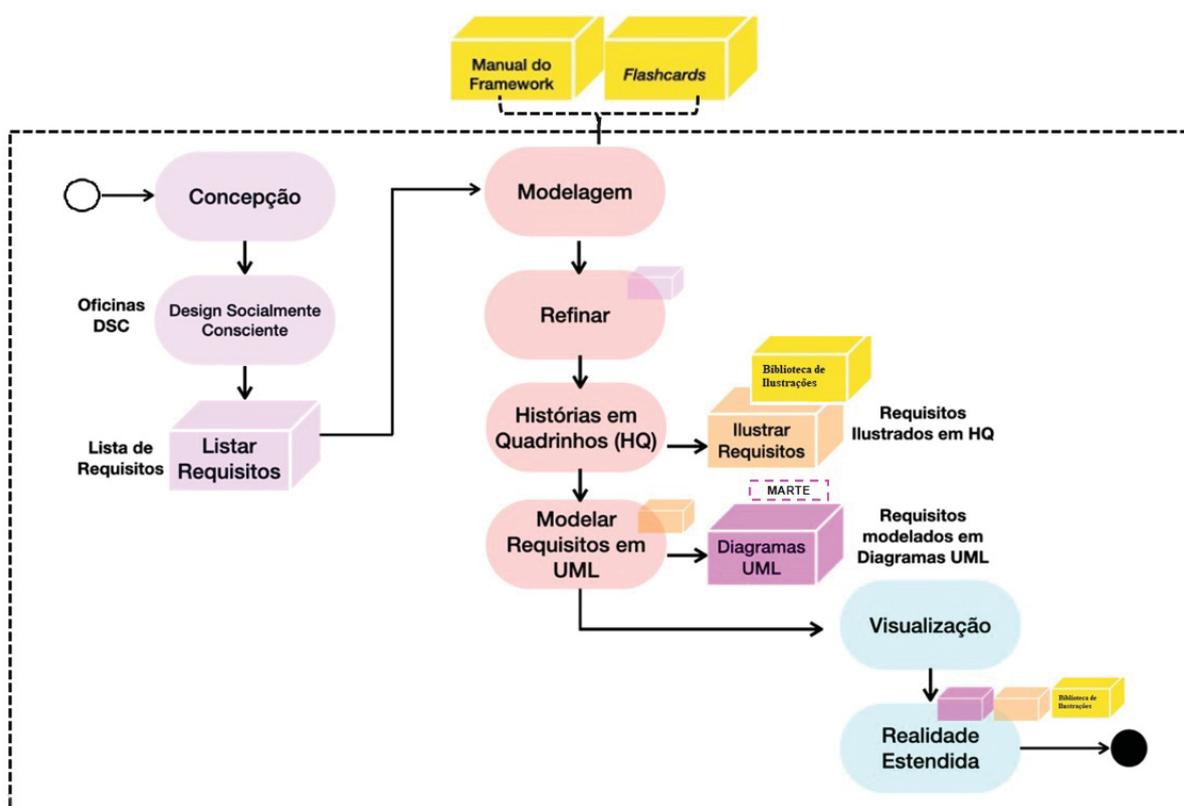


Figura 1: O Framework

- **Concepção** (bloco lilás).  
Na etapa de Concepção, as ações são guiadas pelas oficinas de Design Socialmente Consciente (DSC), contemplando cinco atividades: apresentação do escopo/contexto, engajamento dos envolvidos, trabalho em grupo com brainstorming,

compartilhamento de elementos identificados e momento de reflexão. Como resultado, gera-se uma lista de requisitos.

- **Modelagem** (bloco rosa).  
Recebe a lista de requisitos e a graficação ocorre em duas camadas complementares:
  1. **Histórias em Quadrinhos (HQs)** — narrativa visual acessível para qualquer perfil de participante;
  2. **Diagramas UML com estereótipos MARTE** — representação formal que acrescenta detalhes de tempo-real e de desempenho.  
Ambos os artefatos podem ser produzidos em paralelo ou optar-se por apenas um, dependendo da profundidade necessária.
- **Visualização** (bloco azul-claro).  
Transforma HQs e/ou diagramas em um **protótipo imersivo** construído em uma plataforma de visualização com a tecnologia de Realidade Estendida, possibilitando testes, avaliação coletiva e identificação de incoerências antes da implementação.
- **Materiais complementares** (bloco amarelo). A função é orientar, enriquecer e facilitar a aplicação prática das etapas.

O primeiro bloco amarelo, localizado na parte superior da área pontilhada, refere-se a este **Manual do Framework**. Junto a ele, aparece o bloco dos *Flashcards*, também posicionado no topo. Esses cartões devem ser utilizados **na etapa de Concepção**, particularmente durante as oficinas de Design Socialmente Consciente, como ferramenta de apoio para estimular a reflexão, o diálogo e a identificação de requisitos relevantes.

O terceiro bloco amarelo representa a **Biblioteca de Ilustrações**, posicionada em dois momentos do fluxograma. O primeiro aparece associado à atividade de "**Ilustrar Requisitos**", sinalizando que esse material deve ser utilizado **durante a criação das HQs**, a fim de enriquecer a representação visual dos requisitos por meio de ícones, objetos e símbolos relacionados ao contexto de sistemas IoT. O segundo aparece no final da cadeia, vinculado à etapa de **Realidade Estendida**, indicando que os elementos visuais da biblioteca também podem ser empregados **na construção dos cenários interativos** da prototipação, promovendo coesão entre a modelagem narrativa, técnica e visual.

## Tempo Sugerido para Execução das Etapas do Framework

O tempo estimado pode variar conforme o número de envolvidos, a complexidade do problema e o contexto de aplicação (oficina, disciplina, projeto prático). Nossas sugestões são baseadas em uma aplicação com grupos de até 6 pessoas envolvidas, exceto o facilitador.

### 1. Concepção dos Requisitos

*Objetivo:* Compreender o problema, mapear as partes interessadas, refletir sobre valores e licitar os requisitos.

**Tempo sugerido total:** 3h30

- Apresentação do cenário: 10 min
- Discussão do problema: 20 min
- Atividades do Design Socialmente Consciente: 2 horas e 40 minutos

### 2. Modelagem dos Requisitos

*Objetivo:* Estruturar os requisitos levantados em representações visuais.

**Tempo sugerido total:** 2h

- Lista de Requisitos (refinar): 40 min
- Modelagem com Histórias em Quadrinhos: 50 min
- Modelagem com UML/Marte: 50 min

### 3. Visualização dos Requisitos

*Objetivo:* Representar visualmente os requisitos com a tecnologia de Realidade Estendida.

**Tempo sugerido total:** 1h30

- Planejamento da cena (interpretação da HQ/UML): 20 min
- Montagem do cenário na plataforma: 50 min
- Considerações: 25 minutos

---

## Como posso usar?

### Uso sequencial × uso modular

O diagrama ilustra conexões diretas entre os módulos, indicando o caminho **mais completo**: Concepção → Modelagem → Visualização. Entretanto, cada módulo contém início e término próprios (representados pelos marcadores circulares), permitindo:

- Executar **apenas a Concepção** para obter requisitos consensuais;
- Iniciar em **Modelagem**, caso os requisitos já existam;
- Aplicar **somente a Visualização**, usando artefatos externos previamente modelados.

### Materiais de apoio

Para tornar o uso do *framework* autônomo e reproduzível, além deste manual, disponibilizamos dois conjuntos de recursos:

1. **Flashcards** – baralho organizado por naipes e cores que correspondem às fases (lilás = Concepção, rosa = Modelagem, azul-claro = Visualização).

Cada *card* (carta) pode conter perguntas-chave, conceitos essenciais e exemplos visuais, pensados para estimular discussões produtivas sobre as características técnicas e sociais dos sistemas IoT em desenvolvimento. Os *flashcards* oferecem uma abordagem acessível e interativa, especialmente útil em oficinas, oficinas e dinâmicas de grupo.

O uso dos *flashcards* visa:

- Apoiar o levantamento de requisitos durante as fases de concepção, modelagem e visualização;
- Provocar reflexões sobre aspectos técnicos (sensores, atuadores, conectividade) e sociais (acessibilidade, impacto ambiental, segurança);
- Facilitar a participação de todos os perfis de usuários;
- Enriquecer discussões em atividades educacionais, acadêmicas ou profissionais;
- Ampliar o repertório de ideias no início do desenvolvimento dos sistemas.

Os *flashcards* são recomendados como uma ferramenta de apoio flexível que pode ser:

- Utilizada integralmente, como parte das oficinas de levantamento de requisitos;
- Selecionada parcialmente, escolhendo apenas os cards mais pertinentes ao projeto;

A decisão sobre utilizar ou não os *flashcards* deve considerar:

- O perfil dos envolvidos (nível técnico, familiaridade com o tema);
- O tempo disponível para as oficinas;
- O objetivo específico da atividade

**2. Biblioteca de ilustrações** - esses elementos visuais estão organizados em um arquivo único (PNG) e podem ser importados em ferramentas para auxiliar na modelagem e visualização.

Na fase de Modelagem, as figuras aceleram a construção das HQs (bastando arrastar-e-soltar personagens, dispositivos e ambientes) e enriquecem os diagramas UML com ícones padronizados. Na fase de Visualização, os mesmos arquivos servem como texturas ou objetos-base dentro do ambiente de Realidade Estendida, garantindo consistência entre o que foi elicitado, modelado e o que é visualizado no ambiente virtual.

A biblioteca está disponível em: [https://drive.google.com/drive/folders/1rX49xAu6da7eQcrboy\\_H8a1t\\_gFnMkg8?usp=drive\\_link](https://drive.google.com/drive/folders/1rX49xAu6da7eQcrboy_H8a1t_gFnMkg8?usp=drive_link)

Os *flashcards* e a biblioteca de ilustrações são complementares e opcionais.

## Concepção

O objetivo da etapa Concepção (Baseada em Design Socialmente Consciente), é identificar e compreender o problema, bem como as necessidades dos usuários, a partir de oficinas participativas, uso do *brainstorming* e participação ativa dos diversos interessados. A Figura 2, apresenta as atividades propostas para a etapa de concepção.

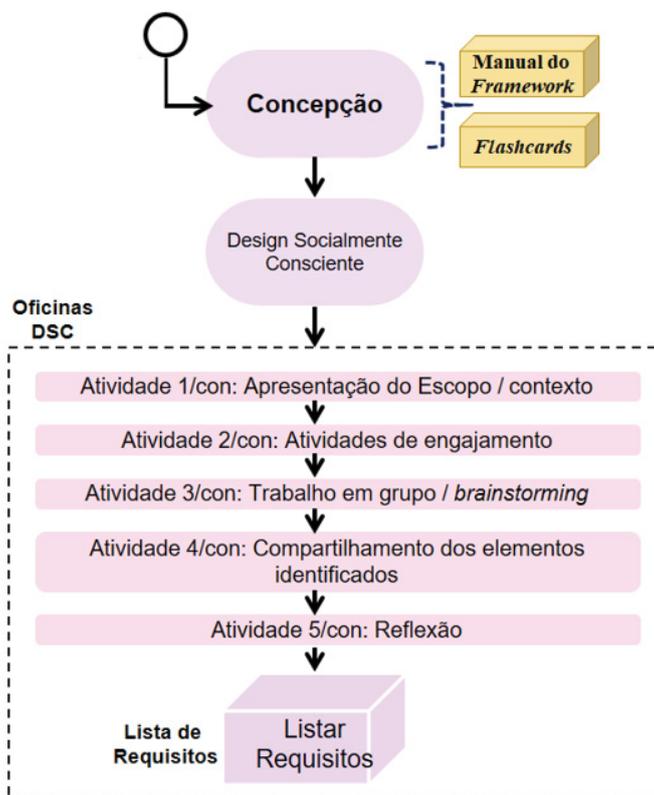


Figura 2: Etapa de Concepção de Requisitos

Para auxiliar a aplicação da etapa de Concepção, este manual do *framework* oferece orientações claras e sequenciais, enquanto os *flashcards*, de uso opcional, apresentam conceitos-chave, exemplos e instruções práticas para facilitar a condução das oficinas. Esses recursos podem ser adaptados conforme o perfil dos envolvidos e o contexto da aplicação.

Para o Design Socialmente Consciente, a condução de oficina semioparticipativa é um tipo de atividade que busca envolver os envolvidos de forma ativa na produção de conhecimento e na tomada de decisões durante o processo de elicitação dos requisitos. O *brainstorming* é uma oportunidade para estimular a criatividade e a colaboração da equipe.

Para iniciar as atividades desta etapa e garantir o bom andamento das atividades, **é fundamental a presença de um facilitador.**

**O papel do facilitador:** é a pessoa responsável por mediar o processo de concepção, conduzindo as dinâmicas, organizando os grupos e promovendo o engajamento dos envolvidos. Seu papel não é o de ensinar ou ditar regras, mas sim o de criar um ambiente seguro, colaborativo e produtivo, onde todas as vozes possam ser ouvidas e consideradas.

Além disso, o facilitador deve:

- Apresentar o escopo e os objetivos do projeto aos envolvidos;
- Explicar as etapas do *framework* de forma acessível;
- Propor as atividades da fase de concepção, como dinâmicas de *brainstorming* e discussões;
- Estimular a empatia e o olhar social, alinhando as propostas ao Design Socialmente Consciente;
- Mediar possíveis conflitos e assegurar que todos os integrantes contribuam;

Para a **Atividade 1/con: Apresentação do escopo/contexto:**

Passo 1: Planejamento

- Defina o objetivo da oficina: determine claramente o propósito da oficina, o que espera alcançar e quais os resultados desejados.
  - Descrever qual será o projeto de sistema IoT
  - Informar que está oficina destina-se à concepção do requisitos
  - Identifique o público-alvo: Analise quem são os envolvidos e suas características, para adaptar a abordagem e as atividades de acordo com o perfil do grupo.
- Estabeleça uma roteiro: crie uma programação, determinando o tempo dedicado a cada atividade e eventuais intervalos.

### Passo 2: Introdução

- Apresente o objetivo da oficina: comece explicando aos envolvidos qual é o propósito da oficina, o que eles irão aprender, colaborar e realizar durante o evento.
- Concepção dos requisitos para o sistema de IoT proposto (de acordo com cada organização)
- Mencione que sistemas IoT possuem características específicas, além disso para auxiliar, aborde sobre a **lista com algumas especificidades e elementos de sistemas IoT**, anexada neste manual (denominado Listas de Especificidades e Elementos)
- Estabeleça as regras de participação: explique as expectativas de comportamento, incentive o respeito mútuo e a atenção durante as discussões.
- Apresentar o Termo de consentimento ou termo de participação e solicitar assinatura àqueles que participarão.
- Mencione sobre o anonimato das informações.

### Para a **Atividade 2/con: Atividades de engajamento:**

#### Passo 1: Atividades de engajamento

- Início: Inicie uma discussão aberta sobre o tema da oficina, encorajando os envolvidos a compartilharem suas experiências, desafios e opiniões relacionadas ao assunto.
- Inicie falando sobre um requisito que considera essencial.

*Por exemplo:* em um sistema IoT de um estacionamento, um requisito importante é a identificação de sensores de presença nas vagas dos veículos.

#### Passo 2: Apresentação de conteúdo

- Apresentação: compartilhe informações relevantes sobre o tema da oficina por meio apresentações em slides ou outros recursos visuais. Certifique-se de envolver os envolvidos fazendo perguntas, solicitando exemplos e incentivando a participação ativa.
- Explique que todos devem participar de forma ativa na elaboração e refinamento do requisito proposto

### Sobre a **Atividade 3/con: Trabalho em grupos / *brainstorming***

#### Passo 1: Trabalho em grupos / *brainstorming*

- Divisão em grupos: divida os envolvidos em grupos menores para realizar atividades práticas ou discussões mais aprofundadas. Certifique-se de que cada grupo tenha um moderador para garantir a participação de todos.
- Certifique que todos do grupo tenham a mesma visão do requisito dentro o sistema IoT proposto

Para o trabalho em grupo, dê a sugestão de:

- *Brainstorming*: abra a discussão para que todos possam compartilhar suas ideias livremente. Anote todas as sugestões em um quadro branco ou em um documento visível a todos;
- Estímulo coletivo: encoraje os envolvidos a construir sobre as ideias uns dos outros, adicionando novos elementos ou fazendo conexões entre diferentes propostas.

#### **A Atividade 4/con: Compartilhamento de elementos identificados:**

##### Passo 1: Compartilhamento

- Apresentação dos grupos: peça a cada grupo que compartilhe os resultados de suas atividades com o restante da oficina. Os representantes de cada grupo podem fazer apresentações, exibir seus trabalhos ou relatar as principais conclusões e propostas discutidas.
- Neste momento é esperado que cada grupo tenha descrito os seus requisitos e os apresente ao grupos, para que sugestões de melhoria sejam realizadas pelos demais envolvidos, ou seja o estímulo coletivo

#### **E para a Atividade 5/con: Reflexão**

##### Passo 1: Reflexão e encerramento

- Discussão: promova uma discussão geral sobre as apresentações dos grupos, estimulando a reflexão coletiva e a identificação de pontos em comum, divergências ou novas ideias- Síntese dos principais aprendizados: Faça uma síntese dos principais pontos discutidos durante a oficina, destacando os aprendizados e conclusões alcançadas.
- Discuta com todos os envolvidos se os requisitos elicitados pelos grupos estão claros e sem ambiguidades
- Encerramento e agradecimento: Finalize a oficina agradecendo a participação de todos, reforçando os resultados obtidos e ressaltando a importância do engajamento dos envolvidos.
- Avaliação da oficina: solicite *feedback* dos envolvidos sobre a oficina, pedindo que compartilhem suas opiniões, sugestões de melhoria e quais aspectos consideraram mais relevantes.

Ao final desta etapa de concepção, deve ser gerada uma lista com os requisitos elicitados (denominada de Lista de Requisitos) pelo grupo de envolvidos.

---



---



---

---

## Modelagem

Na fase de modelagem de requisitos, o objetivo é representar, de forma compreensível e estruturada, o comportamento esperado do sistema IoT. Para isso, o *framework* propõe o uso de Histórias em Quadrinhos (HQs), como forma acessível de expressar narrativas e situações de uso, e o uso de diagramas formais, como os diagramas UML com apoio do perfil Marte (*Modeling and Analysis of Real-Time and Embedded systems*, traduzido, Modelagem e Análise de Sistemas Embarcados e em Tempo Real) para representação técnica dos requisitos. Essa combinação visa integrar a criatividade visual com a precisão técnica, favorecendo a comunicação entre perfis diversos.

---

### O que é Marte? Como usar?

MARTE fornece uma série de **estereótipos**, **anotações** e **elementos específicos** que permitem representar com maior precisão os aspectos temporais, estruturais e de desempenho desses sistemas — o que é especialmente relevante no contexto da IoT.

#### O que é um estereótipo?

Em UML, um estereótipo é uma forma de **estender ou especializar** os elementos padrão da linguagem. No caso do perfil MARTE, por exemplo, podemos usar estereótipos como:

- <<RtSpecification>> – para indicar requisitos temporais de uma ação;
- <<GaExecHost>> – para descrever o recurso de hardware que executará uma tarefa;
- <<HwProcessor>> – para modelar o processador embarcado;
- <<GaStep>> – para indicar uma ação que ocorre em um determinado tempo ou com determinada carga.

Esses estereótipos são **anexados a elementos UML** (como classes, atividades ou componentes) e ajudam a representar **informações específicas que o UML padrão não cobre diretamente**, como tempo de execução, frequência, consumo de energia, ou interações físicas com o ambiente.

#### Aplicação no contexto da IoT

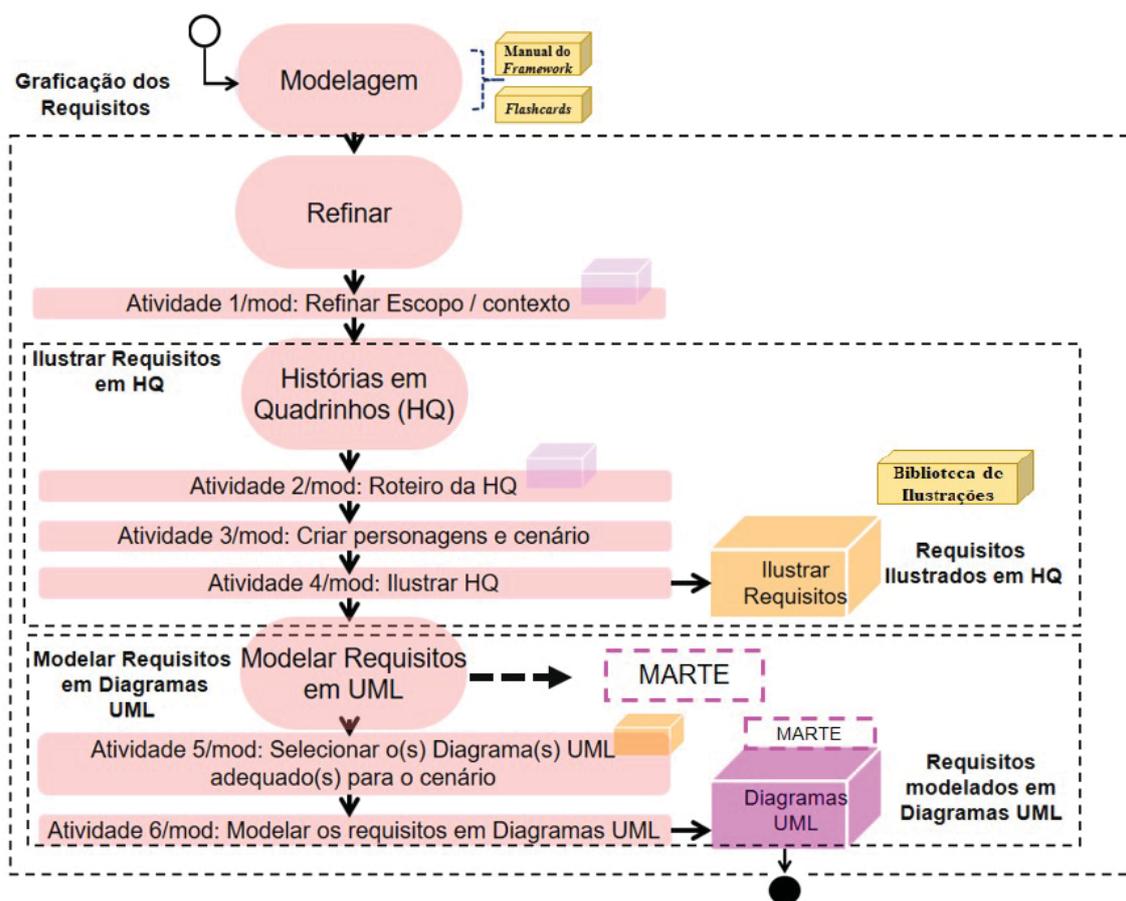
Na modelagem de um sistema IoT, o MARTE permite:

- Representar sensores e atuadores com restrições de tempo (<<HwDevice>>);

- Definir tarefas críticas que devem ocorrer em intervalos regulares (<<RtUnit>>);
- Mapear elementos lógicos (como processos e threads) para componentes físicos (como microcontroladores);
- Simular a carga e os tempos de resposta de um sistema, o que é útil na validação de requisitos não funcionais.

**Exemplo:** imagine uma vaga de estacionamento inteligente equipada com sensor de presença. Podemos modelar esse sensor como um componente UML `SensorPresenca`, e aplicar a ele o estereótipo <<HwSensor>>, indicando que trata-se de um hardware de entrada. Se houver um tempo máximo para detecção, isso pode ser anotado com <<RtSpecification>>, indicando que, por exemplo, o sistema deve detectar o carro em até 3 segundos após sua chegada.

A etapa de modelagem é vista como a graficação dos requisitos. Nesta etapa, o uso deste manual, os *flashcards* e a biblioteca de ilustrações podem ser utilizados como materiais de apoio para recordar conceitos e estruturar a atividade de forma didática e colaborativa. Seu uso é recomendado para potencializar a compreensão, mas não obrigatório. A Etapa de modelagem é representada na Figura 3.



### Inicialmente para **Atividade 1/mod: Refinar escopo/contexto**

Passo 1: Identifique o contexto do projeto IoT

- Para realizar essa atividade será necessário o uso da Lista de Requisitos geradas anteriormente
- Com a Lista de Requisitos, faça uma leitura
- Analise os requisitos essenciais do projeto e identifique aqueles que podem ser comunicados por meio de histórias em quadrinhos
- Esses requisitos devem ser significativos e ter impacto na experiência do usuário ou nos objetivos do projeto.

### Para a **Atividade 2/mod: Roteiro da HQ**

Passo 1: Determine os requisitos

- Com a lista de requisitos, novamente
- Selecione os requisitos que serão ilustrados com o uso da História em Quadrinhos
- Faça um roteiro do que será ilustrado
- Escreva um roteiro para a história em quadrinhos, incorporando os requisitos identificados.

### Para a **Atividade 3/mod: Criar personagens e cenários**

Passo 1: crie personagens e cenários

- Desenvolva personagens que representem as partes envolvidas e crie cenários relevantes para o projeto.
- Esse processo deve contar a história do projeto IoT de maneira visual e cativante.

### A **Atividade 4/mod: Ilustrar HQ**

Passo 1: escreva a história em quadrinhos

- Divida a história em quadros que mostrem a sequência de eventos e diálogos entre os personagens.
- Essa atividade pode ser realizada de forma manual (desenhos à mão) ou com uso de ferramentas de desenvolvimento digitais, como, por exemplo a ferramenta online, Storyboard That, disponível em: <https://www.storyboardthat.com/>

Passo 1: valide a história em quadrinhos

- Compartilhe a história em quadrinhos com as partes interessadas no projeto, como clientes, usuários ou membros da equipe.
- Peça *feedback* e revise a história conforme necessário para garantir que os requisitos sejam adequadamente representados e compreendidos.

Ao finalizar a HQ, será iniciada a modelagem dos requisitos ilustrados com o uso de Diagramas UML. Esta modelagem pode ajudar a visualizar e comunicar de forma clara as interações e funcionalidades do sistema.

Para a **Atividade 5/mod: Selecionar o(s) Diagrama(s) UML adequado(s) para o cenário**

Passo 1: selecione os diagramas UML relevantes

- Selecione o(s) Diagrama(s) UML mais adequado(s) para modelar os requisitos do sistema IoT.
- Como sugestão:
- Diagrama de Contexto (Figura 4) apresenta um modelo visual do sistema dá uma compreensão visual dos atores, sua interação, módulos de trabalho e comunicação entre todos. A grande vantagem desse modelo de contexto é o entendimento claro da equipe de desenvolvimento de software e do cliente.

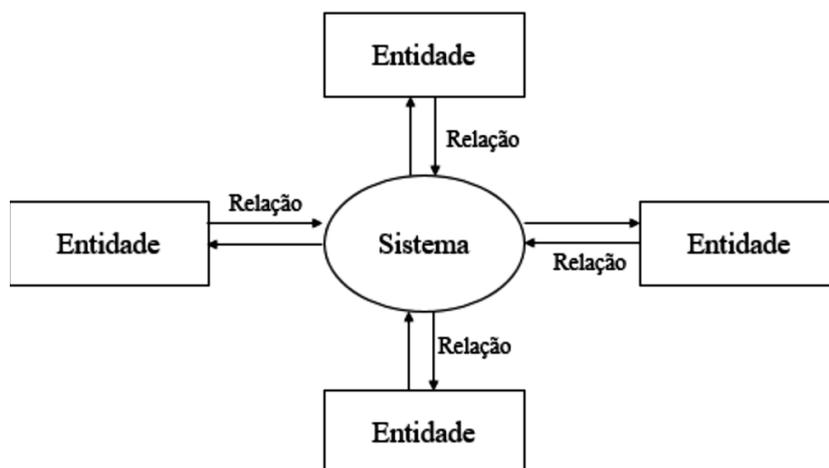


Figura 4: Exemplo Diagrama de Contexto

- Vamos utilizar o exemplo do requisito: *um sistema IoT de um estacionamento, um requisito importante é a identificação de sensores de presença nas vagas dos veículos;*
- Em um Diagrama de Contexto, o requisito é representado por:
  - O Sistema (estacionamento IoT)
  - Os atores externos que interagem com ele
  - As interfaces (comunicações) principais.

Sistema: Estacionamento Inteligente IoT:

- Responsável por gerenciar a identificação e monitoramento de sensores de presença.

Atores:

- Usuário Motorista: Recebe informações sobre vagas disponíveis.
- Administrador do Estacionamento: Configura sensores e monitora o sistema.
- Sensor de Presença: Envia sinais de ocupação ou desocupação das vagas.

Fluxos de informações:

- Sensor de Presença → envia → Estado da vaga (livre/ocupada) → Estacionamento Inteligente
- Estacionamento Inteligente → exibe → Informações de vagas disponíveis → Usuário Motorista
- Administrador → gerencia → Cadastro e manutenção de sensores → Estacionamento Inteligente
- Todas as partes interessadas sabem sobre o escopo do projeto, quais são as coisas incluídas e quais estão fora do escopo. Este diagrama também ajuda a validar as atividades operacionais do sistema.

Outro exemplo que podemos utilizar (extraído dos *flashcards*). A Figura 5, ilustra uma arquitetura simplificada de um sistema IoT, construída com o apoio da biblioteca de ilustrações.

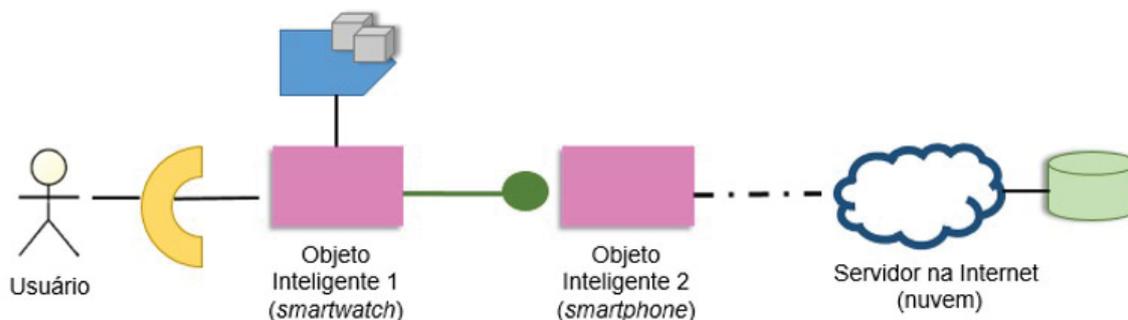


Figura 5. Exemplo de Modelagem com o apoio da Biblioteca de Ilustrações

O fluxo tem início com o **usuário**, representado por um ícone de boneco (símbolo de ator humano). Em seguida, há um símbolo semicircular amarelo que indica um **sensor ou interface física** — parte da camada de percepção, responsável por capturar dados do ambiente ou do corpo do usuário.

Conectado a essa interface, temos o **Objeto Inteligente 1 (smartwatch)**, identificado por um bloco rosa com um ícone azul no topo, indicando que o dispositivo contém **sensores embarcados**. Esse objeto é capaz de coletar e, possivelmente, realizar algum pré-processamento dos dados capturados.

Logo após, há uma conexão com o **Objeto Inteligente 2 (smartphone)**, também representado por um bloco rosa, conectado por uma linha com um ponto verde, sugerindo uma **conexão local de curto alcance**, como Bluetooth. O smartphone funciona como um **gateway**, recebendo dados do smartwatch e atuando como ponte para a Internet.

A comunicação com o **servidor na nuvem** é representada por uma linha tracejada, indicando que os dados trafegam por uma rede sem fio (como Wi-Fi ou 4G/5G). O ícone de nuvem simboliza a **computação em nuvem**, onde os dados são processados, analisados

ou visualizados. Por fim, o **cilindro verde** representa o **banco de dados**, onde as informações são armazenadas para uso futuro.

Essa representação exemplifica a sequência lógica de um sistema IoT, passando pelas etapas de: **coleta de dados, comunicação local, envio à nuvem e armazenamento**. Ao utilizar a biblioteca de ilustrações, como nesse exemplo, facilita-se a modelagem de requisitos em atividades educacionais e projetos colaborativos, promovendo maior clareza na comunicação entre equipes técnicas e não técnicas.

### Sobre a **Atividade 6/mod: Modelar os requisitos em Diagramas UML**

Passo 1: Modele os requisitos ilustrados

- A partir dos requisitos ilustrados gerados na Atividade 4/mod e após a escolha do Diagrama UML, realize a atividade de modelagem
- Compartilhe os diagramas com as partes envolvidas e peça *feedback*.

Passo 2: valide e revise os diagramas

- Compartilhe os diagramas com as partes envolvidas e peça *feedback*.
- Realize revisões para garantir que os requisitos estejam adequadamente representados e compreendidos.

Sugestão: Passo 3: utilize os diagramas como referência durante o desenvolvimento

- Utilize os diagramas UML como referência durante o desenvolvimento do sistema IoT. Eles podem servir como guia para a implementação, teste e manutenção do sistema, ajudando a garantir a conformidade com os requisitos estabelecidos.

Ao finalizar essa etapa de modelagem, é possível identificar dois arquivos de requisitos representados e modelados visualmente com o uso de HQ e Diagramas UML, estes serão bases para o desenvolvimento de cenários virtuais em Realidade Estendida.

---

## Visualização

O termo Realidade Estendida ((RE), do inglês *Extend Reality* (XR)), surgiu aproximadamente na década de 60, porém foi contextualizado na literatura na década de 2010, como resultado de avanços em outras tecnologias, como a computação gráfica. Seu conceito é genérico, abrange as tecnologias virtuais, incluindo Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Realidade Mista (RM) em um aspecto que vai desde dispositivos que interagem com o mundo real e virtual simultaneamente àqueles que só trabalham com o mundo virtual, para fornecer experiências de usuário intuitivas, imersivas e interativas.

A etapa de visualização permite transformar os requisitos em experiências imersivas, utilizando ambientes virtuais desenvolvidos com tecnologias de Realidade Estendida. Essa visualização auxilia na validação das funcionalidades do sistema,

promovendo uma compreensão prática e antecipada dos comportamentos esperados. Durante essa fase, os envolvidos podem utilizar os artefatos gerados nas etapas anteriores — como listas de requisitos, HQs e diagramas UML, para construir protótipos interativos em plataformas, como o CoSpaces\* (vale destacar, a plataforma CoSpaces foi renomeada para **Delightex**. A mudança de nome ocorreu em março de 2025). Este manual descreve o passo a passo dessa etapa, orientando desde a seleção dos requisitos até a montagem do cenário virtual. Os *flashcards* e a biblioteca de ilustrações também estão disponíveis como materiais complementares, permitindo representar objetos inteligentes e situações com maior facilidade, sem a necessidade de habilidades avançadas de design. A Figura 6, demonstra a etapa de Visualização e suas atividades.

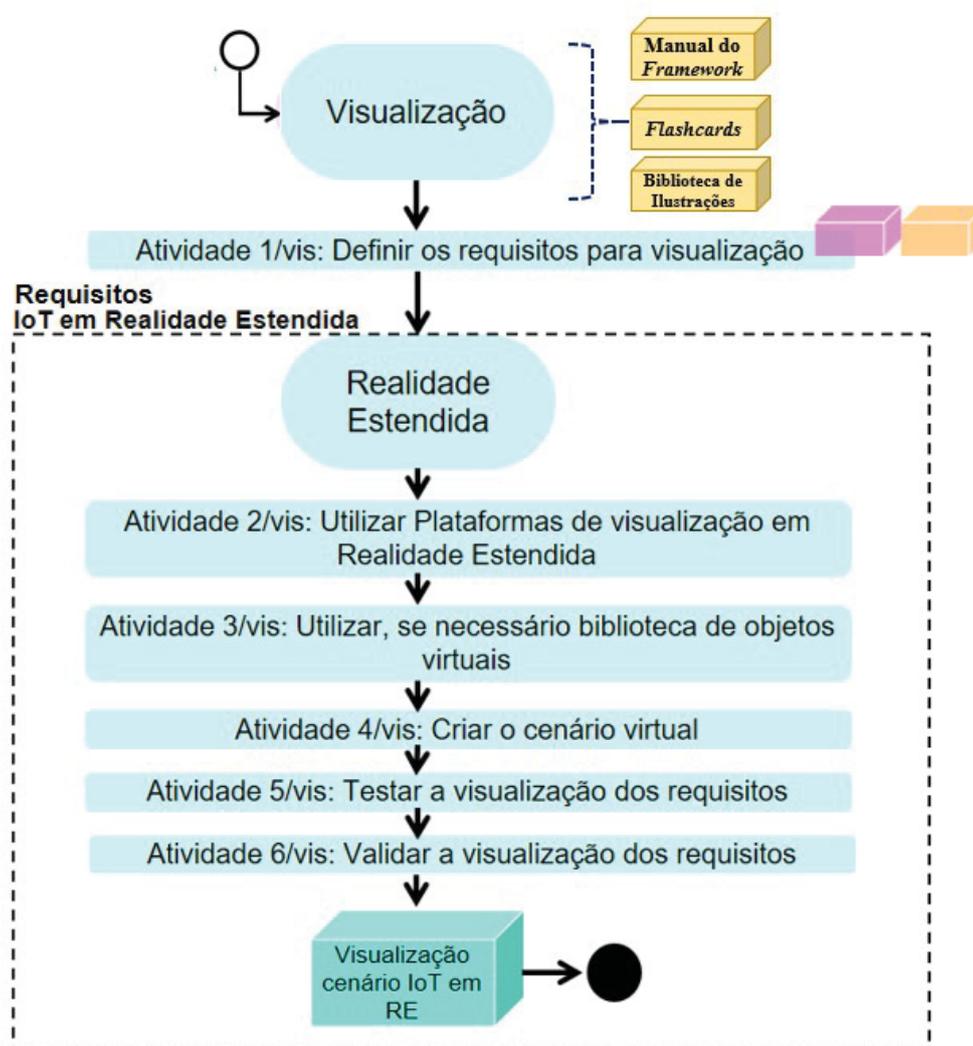


Figura 6: Etapa de Visualização

Para iniciar essa etapa, a **Atividade 1/vis: Definir os requisitos para a visualização**

Passo 1: Defina o escopo e objetivos da visualização

- Com o uso os arquivos de requisitos visuais, o HQ e Diagramas UML, defina o escopo da visualização e os objetivos.
- Isso ajudará a direcionar o processo de visualização e garantir que os requisitos sejam adequadamente comunicados.

Para criar e visualizar protótipos de IoT com o uso da Realidade Estendida, espere-se o uso de ferramentas digitais, como:

Mind Ar (<https://hiukim.github.io/mind-ar-js-doc/>) - Realidade Aumentada

AR-Frame (<https://aframe.io/blog/arjs/>) - Realidade Virtual e Aumentada

Delightex (<https://www.delightex.com/>) - Realidade Virtual

E para gerenciamento do projeto a ferramenta Glitch (<https://glitch.com/>)

Neste cenário, as **Atividades 2/vis: Utilizar plataforma de visualização em Realidade Estendida** e **Atividade 4/vis: Criar o cenário virtual, podem seguir os passos:**

Passo 1: Crie modelos virtuais do sistema IoT

- Desenvolva modelos virtuais do sistema IoT usando software de modelagem ou ferramentas específicas para a criação de ambientes de realidade estendida.
- Crie representações visuais dos dispositivos, sensores, atuadores e outros componentes relevantes.
  - Para a visualização, por exemplo com a plataforma Delightex, uma biblioteca de objetos virtuais foi desenvolvida para amparar na criação do cenário. Esta refere-se a **Atividade 3/vis: Utilizar, se necessário biblioteca de objetos virtuais**

Passo 2: Identifique os pontos de interação

- Identifique os pontos de interação do sistema IoT.

Passo 4: Mapeie os requisitos aos elementos virtuais

- Mapeie os requisitos identificados aos elementos virtuais do sistema IoT. Certifique-se de que cada requisito esteja claramente associado a um componente específico do modelo virtual.

Passo 3: Crie a experiência de realidade estendida

- Utilize uma plataforma de realidade estendida, como óculos de realidade virtual ou aumentada, para criar a experiência imersiva.
- Interface intuitiva que permita aos envolvidos interagir com os modelos virtuais e visualizar os requisitos em tempo real.

Para as atividades **Atividade 5/vis: Testar a visualização dos requisitos** e **Atividade 6/vis: Validar a visualização dos requisitos**.

Passo 1: Teste e valide a visualização

- Realize testes com as partes envolvidas para validar a visualização dos requisitos.
- Obtenha *feedback* sobre a experiência, a compreensão dos requisitos e a usabilidade da interface de realidade estendida.
- Faça ajustes e melhorias com base no *feedback* recebidos.
- Ao final desta etapa, os requisitos para o sistema de IoT, pode ser visualizado por meio da tecnologia de Realidade estendida.

## Lista de Especificidades e Elementos

A Lista de Especificidades e Alguns Elementos de IoT (Figura 7) constitui um recurso estruturado que reúne as principais características técnicas, funcionais e os componentes fundamentais envolvidos em sistemas, produtos ou soluções baseadas em IoT. Essa lista tem como objetivo orientar o planejamento, o desenvolvimento, a análise e a avaliação de projetos de IoT, sendo aplicável tanto em contextos acadêmicos quanto em ambientes industriais.

Elementos	Função	Exemplo
<b>Objeto Inteligente / Dispositivos</b>	É um dispositivo físico que pode conter sensores, atuadores e conectividade para interagir com o ambiente e transmitir dados para a nuvem ou outros sistemas	<i>Smartwatches</i> (traduzido, relógio inteligente), monitoram saúde e notificam o usuário.
<b>Sensores</b>	Coletam dados e atuam no ambiente	Sensores de movimento, temperatura.
<b>Atuadores</b>	Executam ações físicas	Braço mecânico em IoT
<b>Sinalizadores</b>	Transmitem identificadores únicos para dispositivos próximos	Sensores conectados via Wi-Fi podem enviar alertas sobre temperatura elevada, atuando como intermediários para sinalizar informações.
<b>Conectividade</b>	Permite a comunicação entre os objetos inteligente / dispositivos	Wi-fi
<b>Processamento</b>	Realiza a análise de dados para apoiar a tomada de decisões.	Computação em nuvem
<b>Armazenamento</b>	Organiza e processa grandes volumes de dados	Bancos NoSQL
<b>Segurança e Privacidade</b>	Protege os dados, dispositivos e os objetos contra ataques	Criptografia
<b>Aplicativo</b>	Os aplicativos IoT são programas que atuam como interface entre usuários e dispositivos conectado	Um aplicativo de IoT voltado para automação residencial permite que o usuário controle dispositivos da casa — como luzes, fechaduras, termostatos e câmeras de segurança

Figura 7: Alguns elementos de IoT

**Adaptabilidade:** refere-se à capacidade de se ajustar e responder a mudanças no ambiente ou nos requisitos do sistema. Isso envolve a flexibilidade do sistema para se adaptar a novas situações, lidar com diferentes dispositivos e se ajustar às necessidades em constante evolução.

**Conectividade:** envolve a capacidade dos dispositivos IoT se comunicarem entre si e com outros sistemas ou serviços. A conectividade permite a troca de dados e informações em tempo real, possibilitando a coordenação e a interação entre os dispositivos em uma rede IoT.

**Privacidade:** envolve a proteção dos dados pessoais e a preservação da privacidade dos usuários.

**Inteligência:** capacidade dos dispositivos de coletar, processar e analisar dados para tomar decisões ou fornecer *insights* úteis.

**Interoperabilidade:** é a capacidade dos dispositivos IoT de interagirem e se integrarem com outros dispositivos ou sistemas. A interoperabilidade é importante para promover a colaboração e a troca de informações entre diferentes dispositivos IoT, garantindo a eficiência e a eficácia das operações em uma rede IoT.

**Mobilidade:** refere-se aos dispositivos se moverem fisicamente e permanecerem conectados enquanto se deslocam em um ambiente. Isso pode envolver dispositivos IoT móveis, como sensores em veículos ou dispositivos vestíveis, que precisam manter a conectividade e o funcionamento mesmo em movimento.

**Segurança:** a segurança é crítica para dispositivos IoT, pois eles podem coletar dados confidenciais e controlar sistemas críticos. Os sistemas de IoT devem incluir recursos de segurança, como criptografia, autenticação e autorização, para proteger dados e impedir o acesso não autorizado.

**Escalabilidade:** os sistemas IoT devem ser dimensionáveis para suportar um grande número de dispositivos conectados e lidar com volumes crescentes de dados gerados por esses dispositivos.

**Consumo de energia:** muitos dispositivos IoT são alimentados por baterias ou fontes de energia limitadas,

Gerenciamento de dispositivos: sistemas de IoT geralmente envolvem um grande número de dispositivos, é importante gerenciá-los de forma eficiente. Isso inclui provisionamento de dispositivos, atualização de firmware, monitoramento de dispositivos e gerenciamento remoto.

**Coleta e processamento de dados:** os dispositivos IoT coletam uma grande quantidade de dados em tempo real, e esses dados precisam ser processados e analisados para fornecer *insights* úteis. Os sistemas de IoT devem incluir recursos de coleta e

processamento de dados, como armazenamento em nuvem, análise em tempo real e aprendizado de máquina.

---

## Considerações Finais

Este manual apresentou os fundamentos, etapas, ferramentas e recursos que compõem o framework proposto para apoiar o desenvolvimento de soluções baseadas em IoT, com foco em abordagens conscientes, interativas e integradas à realidade atual.

A aplicação desse framework tem como objetivo facilitar a criação de projetos mais eficientes, sustentáveis, seguros e centrados nas reais necessidades dos usuários. Ao utilizar as diretrizes aqui descritas, espera-se que equipes técnicas, estudantes, pesquisadores e profissionais possam:

- Estruturar suas ideias com mais clareza e coerência;
- Identificar os elementos essenciais de uma solução IoT;
- Tomar decisões embasadas em critérios técnicos e sociais;
- Avaliar os impactos e os resultados obtidos.

Recomenda-se que este material seja utilizado de forma flexível, adaptando-o às características específicas de cada projeto ou contexto. A tecnologia IoT está em constante evolução, e o framework deve acompanhar essas transformações, sendo revisto e ampliado sempre que necessário.

---

## Agradecimento e Incentivo

Agradecemos por utilizar este manual. Esperamos que ele tenha contribuído para ampliar sua compreensão sobre o desenvolvimento de soluções em IoT de forma estruturada, consciente e colaborativa.

Lembre-se: mais do que conectar dispositivos, o verdadeiro potencial da Internet das Coisas está em **conectar ideias, pessoas e propósitos**.

Siga explorando, adaptando e inovando. O futuro está em suas mãos!

## B.2 COMO USAR O *FRAMEWORK*

O manual do *framework* foi elaborado para guiar facilitadores, educadores e equipes técnicas na aplicação prática da metodologia proposta. Um roteiro em etapas que pode ser seguido para conduzir esse processo de forma clara, estruturada e eficiente:

### **Passo 1 – Compreender a Estrutura do *Framework***

Antes de iniciar a aplicação prática, recomenda-se a leitura integral da introdução do manual, onde são apresentados:

- O propósito do *framework*;
- Suas três etapas (Concepção, Modelagem e Visualização);
- Os princípios orientadores (Design Socialmente Consciente, Representação Visual, Realidade Estendida);
- A flexibilidade de aplicação (possibilidade de adaptação por perfil da equipe e contexto).

### **Passo 2 – Planejar a Atividade de Aplicação**

Com base na estrutura apresentada, realize o planejamento inicial, definindo:

- O escopo do projeto de sistema *IoT* a ser desenvolvido;
- Os participantes (alunos, profissionais, comunidade);
- O tempo disponível para cada fase;
- As ferramentas digitais ou físicas que serão utilizadas (como *StoryboardThat*, *CoSpaces*, etc.);
- Se os *CARDS (flashcards)* serão utilizados como recurso complementar.

**Observação:** para a etapa de **Design Socialmente Consciente (DSC)**, é interessante escolher um **facilitador**, que poderá mediar discussões críticas e promover reflexões coletivas durante as atividades.

### **Passo 3 – Conduzir a Etapa de Concepção**

A primeira fase do *framework* é a Concepção dos Requisitos. Para isso, siga os passos descritos no manual:

- Atividade 1/con: Apresente o escopo/contexto do projeto;
- Atividade 2/con: Realize dinâmicas de engajamento e introdução;
- Atividade 3/con: Organize grupos para *brainstorming*;
- Atividade 4/con: Promova o compartilhamento coletivo das ideias;
- Atividade 5/con: Finalize com uma reflexão colaborativa.

**Resultado esperado:** uma Lista de Requisitos iniciais, que servirá de base para as próximas etapas.

#### **Passo 4 – Aplicar a Fase de Modelagem**

Com a lista de requisitos em mãos, inicie a Modelagem Visual dividida em dois momentos:

##### **a) HQs – Representação Lúdica dos Requisitos**

**Utilizar biblioteca de ilustrações nesta etapa**, preferencialmente ferramentas com recursos gráficos e personagens.

- Atividade 1/mod: Refine o escopo e selecione os requisitos a ilustrar;
- Atividade 2/mod: Elabore o roteiro da HQ;
- Atividade 3/mod: Crie personagens e cenários;
- Atividade 4/mod: Ilustre a HQ em papel ou em ferramentas digitais.

**Resultado esperado:** um conjunto de Histórias em Quadrinhos que represente os requisitos de forma acessível.

##### **b) UML – Modelagem Técnica dos Requisitos**

- Atividade 5/mod: Escolha os diagramas *UML* mais adequados (ex: caso de uso, contexto, sequência);
- Atividade 6/mod: Modele os requisitos e valide com os participantes.

**Resultado esperado:** diagramas técnicos que complementam as HQs, promovendo clareza e formalização.

#### **Passo 5 – Realizar a Etapa de Visualização em Realidade Estendida**

Com os requisitos definidos e representados visual e tecnicamente, siga para a prototipação visual:

**Utilizar bibliotecas de ilustrações 3D e objetos virtuais nesta etapa** (ex: bibliotecas do *CoSpaces*, *MindAR*, etc.).

- Atividade 1/vis: Defina o que será visualizado e qual o objetivo da experiência imersiva;
- Atividade 2/vis: Escolha a plataforma (ex: *CoSpaces*, *MindAR*, *AR-Frame*);
- Atividade 3/vis: Utilize bibliotecas de objetos virtuais, se necessário;
- Atividade 4/vis: Construa o cenário virtual;
- Atividade 5/vis: Realize testes com os participantes;
- Atividade 6/vis: Valide a experiência e colete feedback.

**Resultado esperado:** um protótipo virtual interativo que permite explorar os requisitos do sistema *IoT* em um ambiente de Realidade Estendida.

#### **Passo 6 – Avaliar e Refletir Sobre o Processo**

Ao final da aplicação do *framework*:

- Promova uma roda de conversa ou formulário de avaliação com os participantes;
- Registre aprendizados, desafios e sugestões;
- Compare os resultados obtidos com os objetivos iniciais;
- Reflita sobre a possibilidade de repetir ou adaptar o uso do *framework* em novos projetos.

### **Passo 7 – Utilizar os Materiais Complementares**

Considere também:

- Utilizar os *CARDS (flashcards)* durante a concepção para fomentar a reflexão;
- Consultar a Lista de Especificidades *IoT* incluída no manual, com características como conectividade, escalabilidade, mobilidade, segurança, entre outras;
- Adaptar atividades conforme o público.

Seguindo este passo a passo, o manual do *framework* deixa de ser apenas um documento orientador e se transforma em uma ferramenta prática e dinâmica, que conduz equipes a desenvolverem sistemas *IoT* com mais clareza. Sua estrutura permite flexibilidade, mas fornece o suporte necessário para garantir consistência e propósito em todas as fases do projeto.

### B.3 OS *FLASHCARDS*

**Um *Framework* para Amparar o  
Processo de Desenvolvimento  
de IoT usando Design  
Socialmente Consciente,  
Representações Visuais e  
Realidade Estendida**

*Eduarda Maganha de Almeida*

### **Design Socialmente Consciente**

**Design Socialmente Consciente**  
É uma abordagem que integra  
responsabilidade social ao processo  
de design, considerando impactos  
éticos, culturais e ambientais na  
criação de soluções. Focado em  
inclusão, acessibilidade e  
sustentabilidade, busca atender às  
necessidades humanas sem  
comprometer a equidade social.

### Pré-requisitos IoT



#### Pré-requisitos IoT:

Nesta etapa, define-se o que é necessário para o desenvolvimento do sistema IoT.

Isso inclui recursos técnicos (sensores, conectividade), questões éticas (privacidade de dados) e sociais (inclusão).

### Pré-requisitos IoT



#### Pré-requisitos IoT:

**Exemplo:** Um sistema de monitoramento ambiental pode precisar de sensores de qualidade do ar, rede Wi-Fi estável e considerar a inclusão de comunidades afetadas no planejamento.

### Pré-requisitos IoT

2♣

Quais problemas você observa neste ambiente proposto que podem ser mitigados com IoT?

## Pré-requisitos IoT



Um sensor ajudaria?

## Pré-requisitos IoT



### Sensor:

Dispositivo que detecta alterações físicas ou ambientais, como: movimento, temperatura, pressão, umidade, presença, convertendo em sinais elétricos.



Funcionamento de um sensor de presença. Uma pessoa sendo detectada por um dispositivo, simbolizado pelo sensor na parte superior, que emite ondas (indicadas por linhas curvas). Essas ondas representam tecnologias como infravermelho ou ultrassom usadas para identificar movimento ou proximidade.

Fonte: <https://www.gettyimages.com.br/ilustra%C3%A7%C3%B5es/sensor>

## Pré-requisitos IoT



Você precisa de um atuador?

## Pré-requisitos IoT



**Atuador:** Converte um tipo de energia em movimento físico, interagindo-se com o ambiente ao seu redor. É usado para realizar tarefas específicas



Atuador

**Braço mecânico em IoT:** Serve para realizar tarefas automatizadas com precisão, sendo controlado remotamente ou integrado a sistemas inteligentes. Como exemplo de uso, em indústrias para montagem, além de aplicações



O motor elétrico é um exemplo de atuador. Ao ser alimentado com energia elétrica, o eixo gira, efetuando o movimento.

Fonte: <https://www.gettyimages.com.br/illustra%C3%A7%C3%B5es/sensor>

## Pré-requisitos IoT



Você precisa de um  
sinalizador?

## Pré-requisitos IoT



**Sinalizadores para IoT:** Dispositivo que emite alertas visuais ou sonoros em resposta a eventos ou condições detectadas por sistemas IoT.

Wi-Fi pode ser considerado um **sinalizador indireto** em IoT, pois facilita a comunicação entre dispositivos ao transmitir dados sobre eventos ou condições do sistema.

Por exemplo, sensores conectados via Wi-Fi podem enviar alertas sobre temperatura elevada ou movimento detectado, atuando como intermediários para sinalizar informações.



Figura gerada com Inteligência Artificial <https://openai.com/index/dall-e-2/>

### Pré-requisitos IoT



Quais são os elementos de IoT?

### Pré-requisitos IoT



Os **elementos de IoT** são os componentes fundamentais que permitem a comunicação e o funcionamento dos sistemas de IoT. Os elementos trabalham juntos para criar sistemas interconectados, como um dispositivo inteligente que ajusta a temperatura de uma casa com base nos dados coletados por sensores e enviados para a nuvem.

Sugestões de elementos disponibilizados nos **Cards: K**

## Pré-requisitos IoT

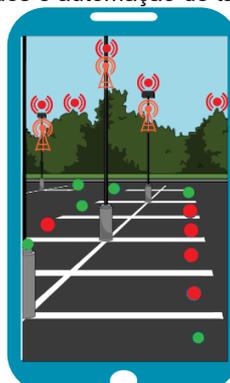
7♣

Um app (aplicativo) ajudaria?

## Pré-requisitos IoT

7♣

**Aplicativo** que permite monitorar e controlar dispositivos IoT remotamente, oferecendo interface intuitiva para gerenciamento de funções, coleta de dados e automação de tarefas.



Fonte: O Autor

## Pré-requisitos IoT



**Os objetos precisam se comunicar?**

## Pré-requisitos IoT



Pode-se exemplificar: uma geladeira que avisa seu celular quando os alimentos estão acabando ou um carro que se comunica com semáforos para economizar combustível.



Figura gerada com Inteligência Artificial <https://openai.com/index/dall-e-2/>

## Pré-requisitos IoT



**Como os objetos vão se comunicar?**

## Pré-requisitos IoT



A comunicação entre objetos é feita por meio de uma conexão sem fio, como Wi-Fi ou Bluetooth, que permite a troca de informações entre os objetos.



O mouse Bluetooth se conecta ao computador via Bluetooth. Quando você move o mouse ou clica, ele envia essas informações para o computador sem fio. O computador, por meio de um protocolo chamado HID, interpreta esses sinais e atualiza o movimento do cursor ou executa o clique.

Fonte: <https://www.gettyimages.com.br/illustra%C3%A7%C3%B5es/sensor>

10♣

**Pré-requisitos IoT**

**Há necessidade de um sistema  
IoT para esse ambiente?**

## Diagrama das Partes Interessadas <sup>11♣</sup>

### Diagrama das Partes

#### Interessadas:

Identifica quem será impactado pelo sistema e como eles se relacionam. Mapeia-se usuários, desenvolvedores, financiadores, e outros, criando um diagrama visual para entender interações.

## Diagrama das Partes Interessadas <sup>11♣</sup>

**Exemplo:** No caso de uma cidade inteligente, o diagrama incluiria moradores, prefeitura, empresas de tecnologia e fornecedores de energia.



**Diagrama das Partes Interessadas 12♣**  
**Interessadas**

**Qual o nome da sua solução  
IoT?**

**Diagrama das Partes Interessadas 12♣**  
**Interessadas**

**Operação:**  
É o nome da solução

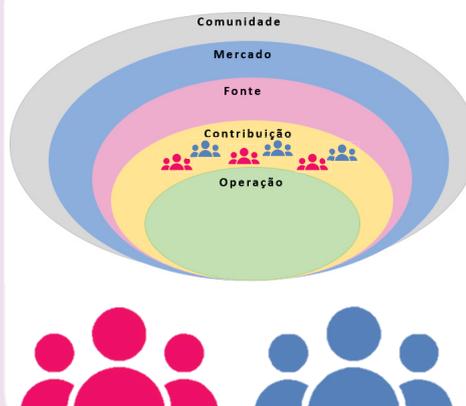


**Diagrama das Partes Interessadas** 13♣

**Quem se beneficia diretamente pela solução?**

**Diagrama das Partes Interessadas** 13♣

**Contribuição**

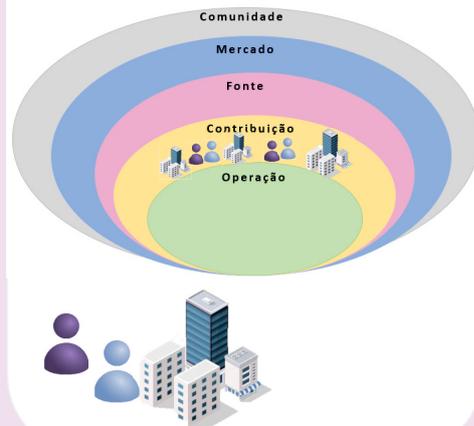


**Diagrama das Partes Interessadas 14♣**  
**Interessadas**

**Quem solicitou uma solução?**

**Diagrama das Partes Interessadas 14♣**  
**Interessadas**

**Contribuição**

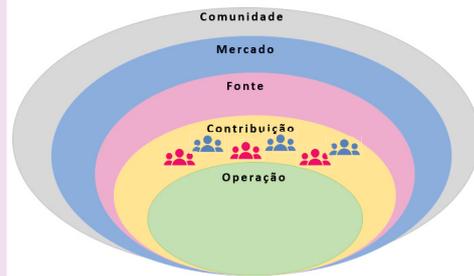


**Diagrama das Partes Interessadas** 15♣

Quem pode ajudar a construir a solução?

**Diagrama das Partes Interessadas** 15♣

Contribuição

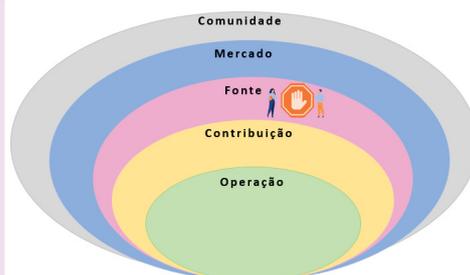


## Diagrama das Partes Interessadas 16♣

Quem pode impor restrições na aplicação da solução?

## Diagrama das Partes Interessadas 16♣

Fonte



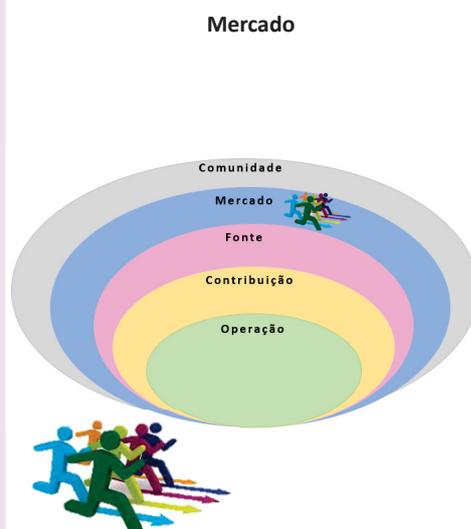
Fonte: [https://www.freepik.com/free-psd/3d-check-mark-cross-symbols-set\\_33141156.htm#fromfrom=View=Search&page=1&position=18&from=6d833674-c70e-44c2-9af8-c5d870264450#new\\_detail=true&query=restri%C3%A7%C3%A3o](https://www.freepik.com/free-psd/3d-check-mark-cross-symbols-set_33141156.htm#fromfrom=View=Search&page=1&position=18&from=6d833674-c70e-44c2-9af8-c5d870264450#new_detail=true&query=restri%C3%A7%C3%A3o)



## Diagrama das Partes Interessadas 18♣

Quem são os concorrentes da sua solução?

## Diagrama das Partes Interessadas 18♣

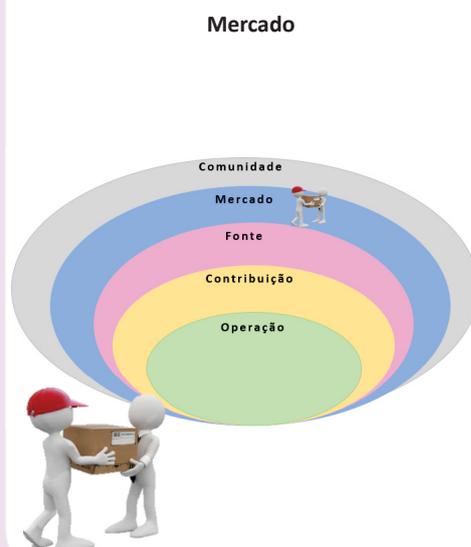


Fonte: <https://www.paulistajr.com.br/blog/por-que-olhar-para-o-meu-concorrente/>

## Diagrama das Partes Interessadas 19♣

Quem são os fornecedores?

## Diagrama das Partes Interessadas 19♣

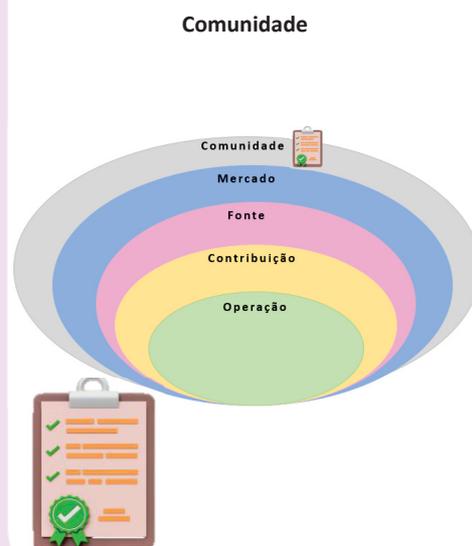


Fonte: <https://www.ineup.org.br/pesquisas-e-publicacoes/perguntas-que-podemos-fazer-para-os-nossos-principais-fornecedores/>

## Diagrama das Partes Interessadas <sup>20♣</sup>

Quem regulamenta ou legisla?

## Diagrama das Partes Interessadas <sup>20♣</sup>



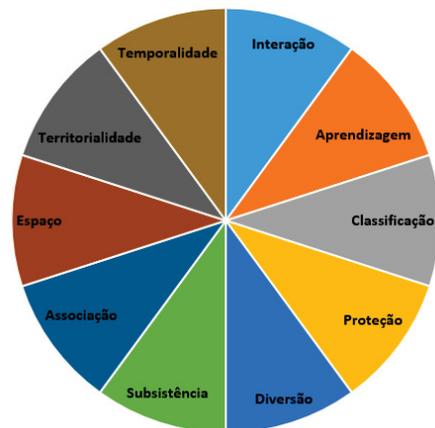
Fonte: [https://www.freepik.com/free-psd/office-paperwork-approval-icon-isolated-3d-rendering-illustration\\_33026276.html#fromfrom=from&query=1&from\\_view=3&from\\_uid=72671077c-0a7-4f6b-5598-6-24b57f3c0&new\\_detail=true&query=regulamento](https://www.freepik.com/free-psd/office-paperwork-approval-icon-isolated-3d-rendering-illustration_33026276.html#fromfrom=from&query=1&from_view=3&from_uid=72671077c-0a7-4f6b-5598-6-24b57f3c0&new_detail=true&query=regulamento)

## Torta de Valores 21♣

### Torta de Valores

A Torta de Valores é um artefato para ajudar na identificação e compreensão dos valores envolvidos no design de sistemas computacionais. É utilizado para mapear e visualizar os diferentes valores que os envolvidos podem ter em relação a um projeto, facilitando a discussão e a consideração desses valores durante o processo de design.

## Torta de Valores 21♣



22♣

Torta de Valores

**Interação**

1. Quais elementos são necessários para a solução?
2. Quais elementos interagem?
3. Quais as interações entre os elementos?

22♣

Torta de Valores

**Interação**

A **interação** define como as pessoas se conectam e usam dispositivos.

Elementos: são os itens físicos que coletam ou executam ações no mundo real.

*Exemplos:* Uma câmera de segurança ou um termostato inteligente.

Um sensor de movimento detecta movimento, envia os dados via Wi-Fi para a nuvem, que ativa uma lâmpada através do app no celular.

O **Card 23♣(verso)**, exemplifica um cenário de interação entre usuários e elementos.

Esse cenário, está apresentado em Diagrama de Caso de Uso, no **Card 6♠(verso)**.

## Torta de Valores

23♣

## Interação

4. Como ocorrem as interações?
5. Como o usuário interage com o sistema?
6. Quais as restrições das interações?

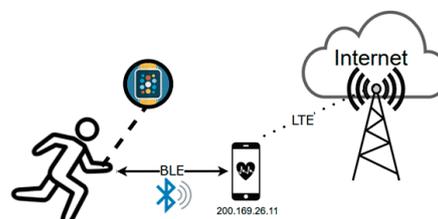
## Torta de Valores

23♣

## Interação

O exemplo apresenta uma interação, onde uma pessoa com um *smartwatch* que envia dados de saúde para um smartphone via Bluetooth (BLE). O smartphone, por sua vez, transmite essas informações para a internet usando algum tipo de conexão (como exemplo, LTE).

Alguns elementos sugeridos estão dispostos nos **Cards K**.



Fonte: <https://embarcados.com.br/modelos-de-comunicacao-para-iot/>

**24♣**

**Torta de Valores**

**Aprendizagem**

- 1. Quais conhecimentos e habilidade espera-se do usuário?**
- 2. O sistema ajuda os usuários a aprender ou entender algo?**

**24♣**

**Torta de Valores**

**Aprendizagem**

Para que o usuário aprenda e utilize um sistema IoT, o mesmo deve facilitar o entendimento sobre o funcionamento do sistema, os dispositivos conectados e como eles se comunicam.

**Exemplo:** Em um sistema de irrigação inteligente, o usuário deve aprender:

- i. Como conectar o sistema ao Wi-Fi.
- ii. Como programar os horários de irrigação no aplicativo.
- iii. O que significam os dados coletados pelos sensores de umidade do solo.

**Torta de Valores****25♣****Aprendizagem**

- 3. Como é a curva de aprendizagem do sistema?**
- 4. Quais elementos do sistema colaboram para a realização de certas ações?**
- 5. Quais elementos do sistema ajudam o usuário a realizar ações e aprender?**

**Torta de Valores****25♣****Aprendizagem**

Os sistemas IoT integram elementos que trabalham juntos para orientar e facilitar a realização de ações. Sensores, atuadores e conectividade são fundamentais para tornar o uso simples e promover o aprendizado.

**Exemplo:**

**Sensores:** Coletam informações do ambiente.

*Exemplo:* Um sensor de umidade em um sistema de irrigação inteligente mede o nível de água no solo e fornece os dados necessários para o usuário aprender como cuidar das plantas.

**Torta de Valores**

26♣

**Classificação**

1. Qual o público alvo?
2. Qual a classificação do sistema?
3. Quais os tipos de elementos que compõem o sistema?  
(sensor, atuador, fonte de energia)

**Torta de Valores**

26♣

**Classificação**

1. Identificar quem usará o sistema é essencial para definir funcionalidades e usabilidade.
2. Classificar o sistema ajuda a entender sua finalidade, como sistemas de automação residencial, industrial ou de saúde.
3. Um sistema IoT é formado por sensores, atuadores, fontes de energia e conectividade.

**Exemplo:** Em um termostato inteligente:

- i. Sensores: Monitoram a temperatura.
- ii. Atuadores: Ajustam o aquecimento ou resfriamento.
- iii. Fonte de energia: O dispositivo é alimentado por baterias ou energia elétrica.

**Torta de Valores**

27♣

**Classificação**

4. Como o sistema organiza informações ou recursos?
5. Quais os elementos necessários para a troca de informações?
6. Com quais elementos o usuário pode interagir?
7. Como os diferente tipos de usuários se diferenciam?

**Torta de Valores**

27♣

**Classificação**

4. O sistema deve categorizar dados ou funcionalidades para facilitar o uso e a compreensão.

**Exemplo:** Um sistema de agricultura inteligente organiza informações em categorias como tipos de sensores (umidade, temperatura) e dados por plantações (soja, milho).

5. A comunicação entre dispositivos depende de sensores, conectividade (Wi-Fi, Bluetooth), e um processador para interpretar os dados.

6. O sistema deve fornecer interfaces acessíveis, como aplicativos, telas ou comandos de voz, para interação direta.

7. Usuários podem ser categorizados por níveis, como por exemplo, de acesso ou tipos de interação (administradores, usuários finais, técnicos).

**Torta de Valores** 28♣**Diversão**

- 1. Quais reações emocionais espera-se despertar no usuário?**
- 2. Como o usuário é recompensado ao realizar uma tarefa no sistema?**
- 3. Como o usuário reage a um erro do sistema?**

**Torta de Valores** 28♣**Diversão**

O sistema deve gerar emoções positivas ou negativas, como satisfação, curiosidade ou surpresa, para melhorar a experiência do usuário.

Recompensas podem ser visuais, sonoras ou por retorno positivo, incentivando o uso contínuo, como por exemplo, em um sistema de termostato inteligente, o app pode mostrar gráficos animados que destacam a economia de energia como uma conquista do usuário.

Quando o sistema apresenta erros, ele deve reduzir a frustração do usuário com mensagens claras e objetivas.

**29♣**

**Torta de Valores**

**Subsistência**

- 1. Qual a relação custo-benefício?**
- 2. Qual o custo para o sistema operar?**
- 3. O que o usuário precisa para usar o sistema?**

**29♣**

**Torta de Valores**

**Subsistência**

Subsistência aborda o custo-benefício, requisitos mínimos, operação, acessibilidade e como o sistema atende às necessidades do usuário, promovendo uma solução viável e eficiente.

Exemplo: um termostato inteligente requer Wi-Fi constante e energia elétrica, mas economiza gastos ao otimizar o uso do ar-condicionado.

30♣

**Torta de Valores****Subsistência**

- 4. O sistema ajuda a atender às necessidades**
- 5. Quais são os requisitos mínimos do sistema?**
- 6. Como questões de acessibilidade são consideradas?**

30♣

**Torta de Valores****Subsistência**

Exemplo: um sistema de irrigação automatizado garante que as plantas sejam regadas mesmo quando o usuário estiver ausente, atendendo à necessidade de cuidar do jardim

O sistema deve incluir opções que atendam diferentes públicos, como pessoas com deficiências, como exemplo: um sistema de casa inteligente pode ter comandos de voz para usuários com deficiência visual e notificações visuais para usuários com deficiência auditiva.

**Torta de Valores**

30♣

**Associação**

- 1. Quais associações são necessárias entre elementos?**
- 2. Quais associações são necessárias entre elementos e usuários?**
- 3. Diferentes usuários se agrupam?**

**Torta de Valores**

30♣

**Associação**

Associação analisa como os elementos do sistema interagem entre si, como os usuários se conectam com esses elementos e se há agrupamentos de usuários para colaborar no uso e gerenciamento do sistema.

1. O sistema deve conectar dispositivos para que trabalhem juntos de forma eficiente. Exemplo: Em uma casa inteligente, sensores de temperatura se associam ao ar-condicionado para ajustar automaticamente o clima interno.
2. O sistema deve permitir interações claras entre os dispositivos e os usuários.
3. O sistema pode permitir interações ou compartilhamento entre grupos de usuários (como o CARD 23♣(verso))

**Torta de Valores**

31♣

**Espaço**

1. **Como o sistema utiliza e organiza o espaço físico?**
2. **O sistema pode mapear ou monitorar o espaço físico?**
3. **Como o sistema considera limitações espaciais?**

**Torta de Valores**

31♣

**Espaço**

O conceito de espaço aborda como o sistema organiza o ambiente físico, adapta-se a limitações, mapeia áreas, posiciona dispositivos e interage com o espaço ao seu redor para garantir funcionalidade e eficiência.

1. O sistema deve ser projetado para otimizar o uso do espaço físico onde está implementado.
2. Alguns sistemas mapeiam ambientes para melhorar sua funcionalidade.

**Exemplo:** Um aspirador robô usa sensores para mapear o espaço e limpar de forma eficiente, evitando obstáculos e cobrindo toda a área.

3. Sistemas precisam ser adaptáveis a ambientes pequenos ou restritos.

## Torta de Valores

32♣

### Territorialidade

1. Qual o espaço disponível para o usuário? (físico e digital)
2. Qual o espaço necessário para o armazenamento do sistema? (local e delimitação)
3. Como o ambiente do usuário afeta as questões de usabilidade do sistema?

## Torta de Valores

32♣

### Territorialidade

Territorialidade trata do espaço físico e digital disponível para o usuário.

O sistema deve considerar os espaços físicos e digitais nos quais o usuário interage. O sistema precisa de espaço para armazenar dados, e isso deve ser adequado ao ambiente, seja no dispositivo local ou em nuvem (como exemplifica a Figura A)



Figura A

Fonte: <https://www.researchgate.net/figure/figura-Figura-12-Funcionamento-da-IoT-no-PEC-Na-solucao-ilustrada-pela-Figura-12-eao-fig7-315690552>

**Torta de Valores**

33♣

**Temporalidade**

1. **Qual o tempo de vida esperado do sistema?**  
**(tempo de uso, frequência)**
2. **Quais aspectos temporais são relevantes para o sistema?**

**Torta de Valores**

33♣

**Temporalidade**

Temporalidade envolve o tempo de vida do sistema, a frequência de uso e como o sistema lida com aspectos temporais como horários, datas e mudanças ao longo do tempo.

**Torta de Valores**

34♣

**Exploração**

1. **Como o sistema explora os elementos disponíveis?**
2. **O sistema se adequa a diferentes plataformas?**
3. **Quais elementos existem no sistema?**
4. **Como os elementos estão distribuídos no sistema?**

**Torta de Valores**

34♣

**Exploração**

Exploração aborda como o sistema utiliza e distribui seus elementos disponíveis, adaptando-se a diferentes plataformas e garantindo a integração e eficiência dos componentes.

**Torta de Valores**

35♣

**Proteção**

1. Como manter a integridade física e digital do sistema?
2. Como assegurar a proteção dos dados?
3. O sistema protege o usuário ou seus dados?
4. O que o usuário pode fazer para evitar ameaças?

**Torta de Valores**

35♣

**Proteção**

Proteção envolve manter a integridade física e digital do sistema, assegurar a proteção dos dados, garantir a segurança do usuário e fornecer recursos para que o usuário se proteja de ameaças.

**Exemplo:** O sistema pode fornecer orientações ou recursos que ajudem o usuário a se proteger contra possíveis ameaças, como ataques cibernéticos.

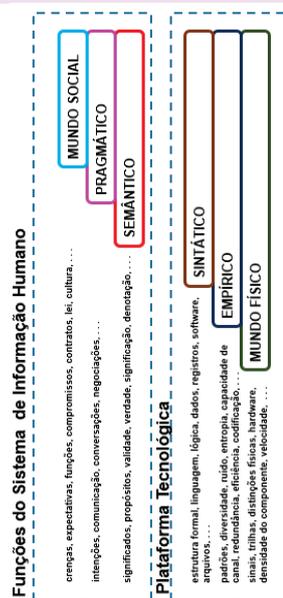
## Escada Semiótica

36♣

A Escada Semiótica auxilia na compreensão de conceitos essenciais a qualquer sistema de informação, como informação, significado e comunicação. Possibilita a manter a coerência dos requisitos em um contexto geral do sistema. Os seis níveis permitem a análise de diferentes aspectos dos signos sob perspectivas distintas.

## Escada Semiótica

36♣



Fonte: DE MIRANDA, Leonardo Cunha et al. Laptops Educacionais de Baixo Custo: Análise Preliminar Baseada na Escada Semiótica. Technical Report IC-07-019, IC/Unicamp. Disponível em: [http://www.dcc.unicamp.br/ic-tr-ftp/2007/07-19\\_ps\\_gz](http://www.dcc.unicamp.br/ic-tr-ftp/2007/07-19_ps_gz).

37♣

## Escada Semiótica

## MUNDO SOCIAL

1. Quais as expectativas das partes interessadas em relação à solução proposta?
2. Quais emoções podem ser despertadas pela solução?
3. Quais impactos podem causar na sociedade?
4. É importante que o usuário personalize algum elemento da solução?

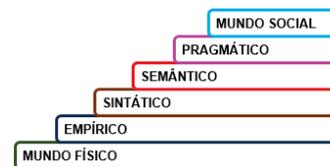
37♣

## Escada Semiótica

## MUNDO SOCIAL

**Mundo social** - conhecer o contexto cultural e humano dos usuários buscando verificar como a solução pode se encaixar no contexto e causar efeitos positivos nos usuários.

Qual o efeito é gerado com a solução.



38♣

**Escada Semiótica**

**PRAGMÁTICO**

1. Qual o contexto da aplicação?  
(educação, saúde, indústria)
2. Qual a experiência dos usuários com a aplicação?
3. Quais dificuldades e motivações dos usuários?

38♣

**Escada Semiótica**

**PRAGMÁTICO**

**Pragmático** - tipos e formas possíveis de combinar os elementos, desejos.

MUNDO SOCIAL

PRAGMÁTICO

SEMÂNTICO

SINTÁTICO

EMPÍRICO

MUNDO FÍSICO

39♣

**Escada Semiótica**

SEMÂNTICO

1. Quais as funções dos elementos da aplicação?  
(botão, imagem)
2. Quais os significados dos elementos?
3. Qual o tema da aplicação?

39♣

**Escada Semiótica**

SEMÂNTICO

**Semântico** - tudo que tiver a ver com significado (signos), utilizar linguagem e símbolos adequados.

MUNDO SOCIAL

PRAGMÁTICO

SEMÂNTICO

SINTÁTICO

EMPÍRICO

MUNDO FÍSICO

Escada Semiótica 40♣

**SINTÁTICO**

1. Quais são os elementos básicos necessários na interface do usuário?
2. Como os elementos visuais devem ser organizados na tela, se houver?

Escada Semiótica 40♣

**SINTÁTICO**

**Sintático** - Configuração e forma dos Objetos

O diagrama da Escada Semiótica é composto por cinco degraus ascendentes, cada um representando um nível da comunicação. Os degraus são: MUNDO FÍSICO (base), EMPÍRICO, SINTÁTICO, SEMÂNTICO, PRAGMÁTICO e MUNDO SOCIAL (topo). Cada degrau é representado por um retângulo colorido e contido dentro de um retângulo maior que o representa.

41♣

**Escada Semiótica**

**SINTÁTICO**

3. Quais tipos de interações serão suportadas (toque, voz, gestos)?
4. Como a navegação entre diferentes partes da aplicação será estruturada?
5. Quais ícones e representações gráficas serão utilizados e o que representarão?

41♣

**Escada Semiótica**

**SINTÁTICO**

**Sintático** - Configuração e Forma dos Objetos

MUNDO SOCIAL

PRAGMÁTICO

SEMÂNTICO

SINTÁTICO

EMPÍRICO

MUNDO FÍSICO

42♣

**Escada Semiótica**

**EMPÍRICO**

1. Qual a frequência de uso esperada para a aplicação?
2. Quais dados precisarão ser armazenados e por quanto tempo?
3. Quais mecanismos de redundância serão implementados para garantir a disponibilidade do sistema?

42♣

**Escada Semiótica**

**EMPÍRICO**

**Empírico** - redundância, capacidade, frequência.

The diagram illustrates the Semiotic Staircase with five levels, each represented by a colored box:
 

- MUNDO FÍSICO** (bottom, black box)
- EMPÍRICO** (second from bottom, blue box)
- SINTÁTICO** (middle, red box)
- SEMÂNTICO** (second from top, pink box)
- PRAGMÁTICO** (top, purple box)
- MUNDO SOCIAL** (top, light blue box)

43♣

**Escada Semiótica**

**EMPÍRICO**

3. Quais estratégias de backup e recuperação de dados serão adotadas?
4. Como serão gerenciadas as atualizações e a manutenção do sistema?
5. Quais serão os requisitos de largura de banda para o funcionamento adequado do sistema?

43♣

**Escada Semiótica**

**EMPÍRICO**

**Empírico** - redundância, capacidade, frequência.

MUNDO SOCIAL

PRAGMÁTICO

SEMÂNTICO

SINTÁTICO

EMPÍRICO

MUNDO FÍSICO

44♣

**Escada Semiótica**

**EMPÍRICO**

6. Quais métricas de desempenho serão monitoradas e como?
7. Como será garantida a integridade e a consistência dos dados transmitidos e armazenados?
8. Quais serão os procedimentos para detecção e tratamento de falhas?

44♣

**Escada Semiótica**

**EMPÍRICO**

**Empírico** - redundância, capacidade, frequência.

The diagram illustrates the Semiotic Staircase with five levels, each represented by a colored box:
 

- MUNDO FÍSICO** (bottom, black box)
- EMPÍRICO** (second from bottom, blue box)
- SINTÁTICO** (middle, red box)
- SEMÂNTICO** (second from top, pink box)
- PRAGMÁTICO** (top, purple box)
- MUNDO SOCIAL** (top, light blue box)

45♣

**Escada Semiótica**

**MUNDO FÍSICO**

1. Quais são os requisitos de hardware necessários para o funcionamento da solução?
2. Quais sensores e dispositivos de entrada serão utilizados e onde serão posicionados?
3. Quais são as necessidades de conectividade (Wi-Fi, Bluetooth...)?

45♣

**Escada Semiótica**

**MUNDO FÍSICO**

**Mundo Físico** - requisitos de infraestrutura física.

The diagram shows a staircase with five steps, each labeled with a level of the semiotic process. From bottom to top, the steps are: MUNDO FÍSICO (black border), EMPÍRICO (blue border), SINTÁTICO (red border), SEMÂNTICO (red border), PRAGMÁTICO (pink border), and MUNDO SOCIAL (blue border).

46♣

## Escada Semiótica

## MUNDO FÍSICO

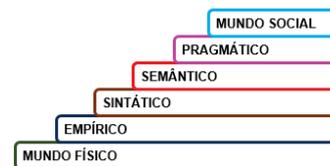
4. Quais medidas de segurança física serão implementadas para proteger os dispositivos IoT?
5. Como será o ambiente físico onde os dispositivos serão instalados?
6. Quais condições ambientais (temperatura, umidade) precisam ser consideradas?

46♣

## Escada Semiótica

## MUNDO FÍSICO

Mundo Físico - requisitos de infraestrutura física



47♣

**Escada Semiótica**

**MUNDO FÍSICO**

7. Quais são as necessidades de espaço e montagem para os dispositivos?
8. Como a infraestrutura será escalável para suportar a adição de novos dispositivos?
9. Quais são as restrições regulatórias e normativas que precisam ser atendidas?

47♣

**Escada Semiótica**

**MUNDO FÍSICO**

**Mundo Físico** - requisitos de infraestrutura física

MUNDO SOCIAL  
PRAGMÁTICO  
SEMÂNTICO  
SINTÁTICO  
EMPÍRICO  
MUNDO FÍSICO

### Escada Semiótica 48♣

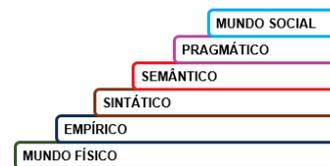
#### MUNDO FÍSICO

10. Quais são as necessidades de espaço e montagem para os dispositivos?
11. Como a infraestrutura será escalável para suportar a adição de novos dispositivos?
12. Quais são as restrições regulatórias e normativas que precisam ser atendidas?

### Escada Semiótica 48♣

#### MUNDO FÍSICO

Mundo Físico - requisitos de infraestrutura física



## Modelagem



O processo de modelagem de requisitos visa identificar, documentar e estruturar as necessidades e expectativas dos envolvidos em relação ao sistema para guiar seu desenvolvimento.

## Modelagem



As Histórias em Quadrinhos tornam os requisitos mais acessíveis e envolventes, representando cenários de uso de forma narrativa e visual.

A UML fornece diagramas padronizados para descrever estrutura, comportamento e interações do sistema com precisão, garantindo clareza na especificação e alinhamento entre equipes técnicas e de negócio.

## Modelagem



### Histórias em Quadrinhos

. A modelagem pode utilizar Histórias em Quadrinhos (HQs) para representar cenários e interações no desenvolvimento de sistemas. Ela facilita a comunicação entre os envolvidos ao apresentar requisitos identificados em formato visual e narrativo.

## Modelagem



### Histórias em Quadrinhos



**Modelagem** 

**Histórias em Quadrinhos**

**1. Como Criar HQs para Modelagem de Requisitos?**

**Modelagem** 

**Histórias em Quadrinhos**

1. Identifique os principais cenários de uso.
2. Defina os personagens (usuários, dispositivos, sistemas).
3. Desenhe painéis que representem a sequência de interações.
4. Adicione diálogos e anotações para clareza.

**Modelagem** 

**Histórias em Quadrinhos**

**1. Como Usar HQs para definir Requisitos Funcionais IoT?**

**Modelagem** 

**Histórias em Quadrinhos**

1. Crie uma história.
2. Apresente como o usuário interage com o sistema IoT, descrevendo passo a passo as ações realizadas e os resultados esperados.

**Modelagem**

5♠

**Diagramas em UML**

A UML (do inglês, *Unified Modeling Language*) é uma linguagem padrão para modelar sistemas.

Em IoT, é usada para descrever a estrutura (diagramas de classes), comportamento (diagramas de casos de uso) e interações (diagramas de sequência).

**Modelagem**

5♠

**Diagramas em UML**

A UML pode representar graficamente requisitos de um sistema. Diagramas como casos de uso, classes e atividades descrevem funcionalidades, interações e fluxos, promovendo clareza, padronização e melhor comunicação entre os envolvidos no processo de desenvolvimento.

## Modelagem

6♠

### Diagramas em UML

#### 1. Quais são os elementos de um Diagrama de Caso de Uso em UML

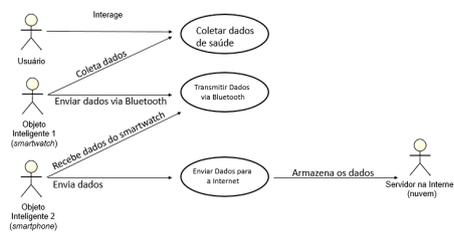
## Modelagem

6♠

### Diagramas em UML

Elementos incluem atores (usuários ou sistemas externos), casos de uso (funções ou serviços fornecidos pelo sistema) e associações (linhas conectando atores a casos de uso).

#### Caso de Uso, referente ao cenário do Card 23♣



**Modelagem** 7♠

**Diagramas em UML**

**1. Como Diagramas UML Ajudam na Comunicação entre Equipes?**

**Modelagem** 7♠

**Diagramas em UML**

Diagramas UML fornecem uma representação visual e padronizada dos requisitos e design do sistema, facilitando a compreensão comum entre desenvolvedores, designers e partes interessadas.

## Visualização

1 

A visualização dos requisitos, utiliza a Realidade Estendida (XR, do inglês *Extended Reality*) para tornar requisitos de um sistema mais compreensíveis e tangíveis. Facilita a comunicação entre os envolvidos, reduz ambiguidades e melhora a validação antes do desenvolvimento.

## Visualização

2 

### Visualização com RE

**O que é Realidade Estendida (RE,  
do inglês *Extended Reality* (XR)?**

## Visualização

2 

### Visualização com RE

Realidade Estendida, é um termo que engloba tecnologias como Realidade Aumentada (RA), Realidade Virtual (RV) e Realidade Mista (RM). RE é usada para criar experiências interativas e imersivas.

## Visualização

3 

### Visualização com RE

**Como a RE pode Auxiliar na  
Visualização de Requisitos para  
IoT?**

## Visualização

3 

### Visualização com RE

RE permite a visualização interativa e tridimensional dos componentes e fluxos de um sistema IoT, facilitando a compreensão e análise dos requisitos.

## Visualização

4 

### Visualização com RE

**Como representar elementos e objetos para sistemas IoT?**

## Visualização

4 

### Visualização com RE

As representações visuais tornam conceitos mais acessíveis para os diferentes envolvidos.

Uso de Realidade Estendida pode ajudar a visualizar cenários de uso e a validar funcionalidades.

Para representar elementos e objetos de sistemas IoT de forma ilustrada, podem ser usadas abordagens visuais como as disponibilizadas nos **Cards: K**

## Visualização

5♥

### Visualização com RE

**É possível visualizar com o uso de Realidade Estendida um Diagrama de Caso de Uso?**

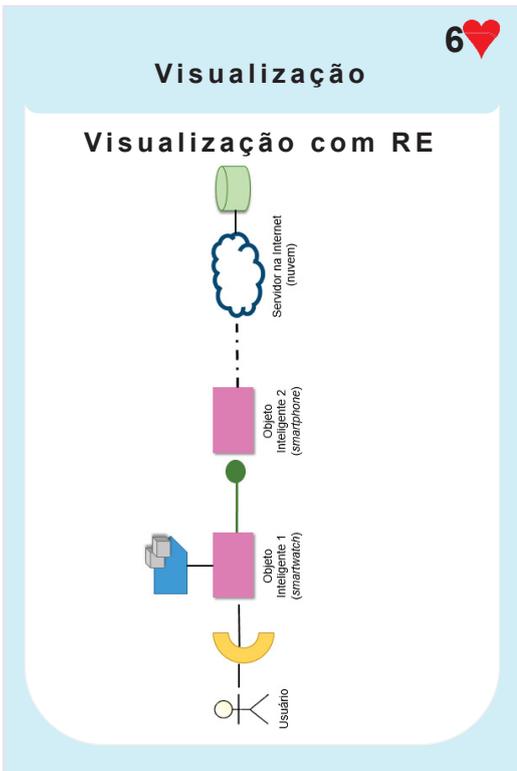
## Visualização

5♥

### Visualização com RE

É possível visualizar um Diagrama de Caso de Uso com o uso de Realidade Estendida. Os elementos do diagrama podem ser projetados em um ambiente virtual, permitindo interação e navegação. Isso facilita a compreensão das relações entre atores e casos de uso.

Para exemplificar a visualização da cena referente ao **Card 23♣(verso)** e sua modelagem em Diagrama de Caso de Uso no **Card 6♠(verso)**, tem-se o **Card 6♥**.



## Visualização



### Visualização com RE

**Exemplo de plataforma de  
visualização.**

## Visualização



### Visualização com RE

CoSpaces é uma plataforma que permite a criação de experiências em Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Realidade Mista. É possível construir e programar mundos virtuais interativos, úteis para visualizar requisitos de sistemas IoT

Link: <https://www.cospaces.io/>

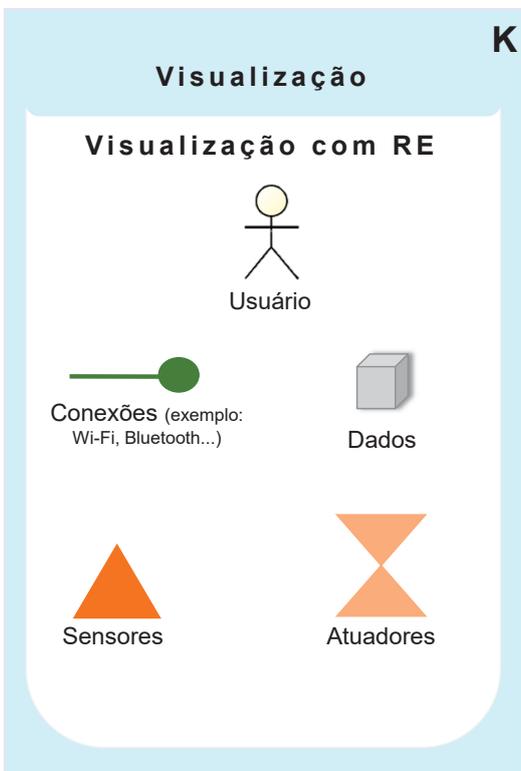
**Visualização**8 **Visualização com RE**

**Como Iniciar um Projeto de  
Visualização de Requisitos em  
CoSpaces?**

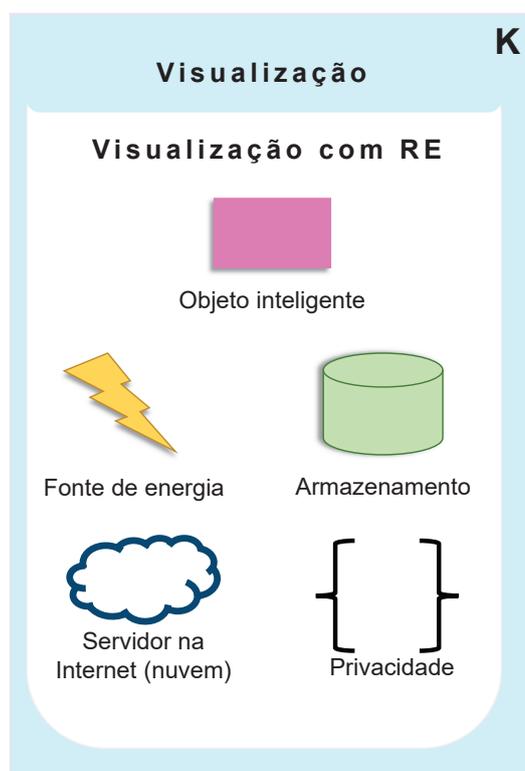
**Visualização**8 **Visualização com RE**

1. Crie uma conta no CoSpaces.
2. Inicie um novo espaço.
3. Adicione objetos representando dispositivos IoT.
4. Use, se necessário, blocos de programação para simular interações.

**Link:** <https://www.cospaces.io/>







## **APÊNDICE C – PARECER: COMITÊ DE ÉTICA**

oda pesquisa que envolve a participação de seres humanos, direta ou indiretamente, deve respeitar princípios éticos fundamentais, como a dignidade, a integridade, a liberdade e a privacidade dos participantes. Nesse contexto, a submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) é um procedimento obrigatório e essencial para garantir que o estudo seja conduzido de forma responsável e segura.

A avaliação por um Comitê de Ética assegura que os direitos dos participantes serão preservados, que os riscos serão minimizados e que os benefícios da pesquisa serão maximizados. Além disso, o CEP verifica se há clareza nos objetivos do estudo, transparência na metodologia, uso adequado dos dados e obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), quando aplicável.

Neste estudo, optamos por submeter nossa proposta ao Comitê de Ética como forma de legitimar o processo de investigação e garantir o compromisso com a ética científica. Ao sermos aprovados por um Comitê de Ética, reafirmamos nosso compromisso com a responsabilidade social da pesquisa e com a produção de conhecimento pautado pelo respeito aos participantes e pela integridade acadêmica.



## PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Uso de Design Socialmente Consciente para Amparar o Processo de Engenharia de Requisitos de Sistemas IoT

**Pesquisador:** ALEXANDRE L ERARIO

**Área Temática:**

**Versão:** 4

**CAAE:** 59607422.2.0000.5547

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

**Patrocinador Principal:** UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA

### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 5.803.804

#### Apresentação do Projeto:

De acordo com os pesquisadores o processo de produção passou por mudanças para enfrentar os mercados dinâmicos. As modificações refletem a maneira como as pessoas vivem, trabalham e se relacionam, é caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias digitais com o intuito de gerar novos produtos de forma rápida e eficaz (ZABADAL, 2017). Destacam-se como componentes que envolvem essas modificações, Internet of Things (IoT), Inteligência Artificial, Big Data, Realidades virtuais, e demais componentes (LU et.al,2017). Neste escopo, segundo (DALAROSA, 2018), IoT ganhou espaço para além dos ambientes produtivos, como indústrias e escritórios, e passou a se inserir em todos os aspectos da vida das pessoas, seja em instituições de ensino, residências e / ou lazer, por meio de diferentes dispositivos e formas de acesso, tem ampliado seu alcance em todo o mundo. A IoT, descreve um ambiente onde bilhões de objetos, com recursos restritos, utilizam a Internet como infraestrutura para troca de mensagens, e envolve funcionalidades inovadoras conectando dispositivos e/ou objetos perfeitamente. No sistema IoT, um conjunto de dispositivos heterogêneos como sensores, atuadores, fontes de energia e processadores são fundamentais para a interação entre os objetos. A construção desses sistemas demanda o conhecimento dos profissionais para identificar, analisar e especificar os requisitos que impactam na qualidade e na experiência do uso sistema. No entanto, existem desafios no desenvolvimento desses sistemas, pois as diferentes percepções das partes interessadas e o uso diferenciado dos recursos computacionais podem causar erros na coleta de requisitos e levar a ambiguidades no

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

desenvolvimento de sistemas IoT. Além disso, suas características e seu grande número de elementos tendem a aumentar a complexidade de sua configuração. Portanto, é necessário desenvolver técnicas que promovam a comunicação efetiva entre os stakeholders, independentemente de suas áreas de conhecimento, para estabelecer, definir e esclarecer os requisitos. Dessa forma, caracteriza-se a necessidade de técnicas que amparem no processo de definição e levantamento dos requisitos em sistemas IoT. Em busca de soluções, a metodologia de Design Socialmente Consciente (DSC), descrita por (BARANAUSKAS et.al, 2014) possibilita por meio da realização de workshops semi-participatórios, como técnicas de design participativo, colaborativo e universal, podem auxiliar na definição de requisitos que abrangem o humano, organizacional, valores legais, culturais, econômicos e técnicos, divididos em níveis de projeto informal, formal e técnico. Assim, o nível técnico se baseia nas informações que recebe dos níveis formal e informal. O processo de elicitação é iterativo, ou seja, vai do informal ao técnico e do técnico ao informal, enquanto verifica as possíveis necessidades de atualização do modelo. O primeiro conjunto de requisitos para sistemas IoT foi identificado na literatura, como manutenibilidade, segurança, integração e desempenho. A partir desse conjunto, será necessário a prática do DSC, a fim de desenvolver uma sintaxe para construção de modelos visuais com Histórias em Quadrinhos (HQ) e UML (do inglês, Unified Modeling Language em português, Linguagem de Modelagem Unificada), como auxílio na definição e levantamento de requisitos de sistemas de IoT.

Hipótese: Os pesquisadores tem que a hipótese testada será de que há diferença entre utilizar UML e HQ neste contexto. Os artefatos gerados nos workshop serão avaliados e pontuados de acordo com critérios pré-estabelecidos. Espera-se que a média dos pontos obtidos pelo uso da HQ ( $\mu_{hq}$ ) seja diferente da média dos pontos obtidos pelo uso da UML ( $\mu_{uml}$ ). A hipótese nula (1) e a hipótese alternativa (2), são descritas a seguir:  $H_0 : \mu_{uml} = \mu_{hq}$  (1)  $H_1 : \mu_{uml} \neq \mu_{hq}$  (2)

Metodologia Proposta: A pesquisa pauta-se na metodologia que Diante do objetivo apresentado, o Design Socialmente Consciente será aplicado como apoio a este estudo. O DSC apresenta os conceitos e métodos que permitem a comunicação interações entre os stakeholders, assim como a identificação das partes interessadas no projeto. O Workshop, delineado pelo DSC terá a duração de no máximo 2 horas e os seguintes passos serão executados para esta pesquisa: 1. Os alunos serão convidados a participar do workshop por e-mail, estes serão selecionados seguindo a ordem de manifestação de interesse, retornado por e-mail. Os e-mails serão obtidos a partir do sistema

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

acadêmico e do Moodle

institucional. Serão convidados alunos que apresentarem familiaridade com a engenharia de requisitos. O convite já incluirá as datas dos workshops. Os grupos de 6 a 12 pessoas serão configurados durante este processo. É importante reforçar que aqui eles já terão acesso ao TCLE (Apêndice \ref{ap:tcle}, pág: \pageref{ap:tcle}); 2. Os voluntários preencherão um questionário identificando seu perfil (Apêndice \ref{ap:qinit}, página \pageref{ap:qinit}). O tempo estimado desta atividade para os voluntários é de 5 minutos; 3. Os workshops serão executados no dia e hora agendada. No convite já serão disponibilizados os calendários com local, dia e horário onde serão realizados os workshops. Em cada workshop, o pesquisador irá explicar o cenário, apresentar as restrições e promover a discussão da construção de um projeto de IoT cujo propósito, neste caso é delinear um estacionamento inteligente. 4. Os participantes preencherão um questionário após o workshop. O tempo estimado desta atividade é de 5 minutos; 5. Uma análise final será realizada com o propósito de avaliar o uso da UML e o uso da HQ neste contexto. Esta etapa irá avaliar os artefatos gerados após cada workshop e nenhum voluntário participará desta etapa.

Metodologia de Análise de Dados: Desfecho Secundário e primário, apontados na plataforma Brasil não se aplicam a este projeto. O tamanho inicial da amostra é 0 e a análise deste projeto será por meio de estatística descritiva e inferência. O método empregado neste trabalho será o quase-experimento. Para este projeto é importante ressaltar que a amostra é zero, de acordo com os delineamentos apontados na carta circular 110/2017. Todo o recrutamento será realizado por e-mail. Este projeto será executado de maneira presencial e cada rodada do experimento será executada com a presença de 6 a 12 voluntários. Não há limite no número de participantes e conseqüentemente no número de execuções. Este agrupamento é delineado pelas premissas para execução de workshops desenvolvidas no Design Socialmente Consciente (DSC). Em cada workshop o seguinte procedimento será adotado: 1. Os voluntários receberão um treinamento sobre IoT; 2. Os voluntários receberão um cenário problema de IoT. Este cenário será um estacionamento fictício; 3. O pesquisador irá apresentar um conjunto de restrições e desafios para desenvolver um estacionamento com a tecnologia de IoT; 4. Os voluntários serão estimulados a interagirem, com o propósito de consolidar os requisitos no supramencionado cenário, utilizando os conceitos do DSC; 5. Os voluntários irão gerar os artefatos em UML ou HQ, de acordo com a tecnologia de representação visual selecionada para o workshop corrente; 6. Os voluntários irão entregar uma cópia de tais artefatos. O método de pesquisa quase-experimento é definido por (WOHLIN, 2012)

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

como: "...uma investigação empírica semelhante a um experimento, onde a atribuição de tratamentos a sujeitos não pode ser baseada em randomização, mas emerge das características dos próprios sujeitos ou objetos. "A população designada para obter a generalização deste estudo é demasiadamente extensa, uma vez que atenta as práticas de todo indivíduo com formação tecnológica com viés em engenharia de requisitos. Por este motivo, a amostra, neste contexto será delimitada somente a alunos da UTFPR. Haverá três momentos na qual o voluntário irá participar, sendo que a primeira e a última, trata-se do preenchimento de questionário. A segunda, uma intervenção direta, ao propiciar para o voluntário a participação de um workshop e conduzi-lo a gerar artefatos UML ou HQ. Como materiais, durante o workshop, serão utilizados o roteiro da oficina, apresentação em slides do projeto Protótipo IoT, papéis em branco e canetas para identificação dos problemas, sugestão de ideias e soluções que deverão contribuir para os requisitos.

**Critério de Inclusão:** Neste projeto o critério de inclusão é: Alunos de graduação e pós-graduação dos cursos da área de computação ou outras engenharias da UTFPR/CP, maiores de 18 anos, que apresentarem familiaridade com a engenharia de requisitos.

**Critério de exclusão:** Não se aplica.

**Desfecho Primário:** Não se aplica

### **Objetivo da Pesquisa:**

**Objetivo Primário:** O objetivo deste trabalho é comparar o uso de história em quadrinhos (HQ) com a linguagem de modelagem unificada (UML) no processo de engenharia de requisitos para sistemas de IoT. Para o desenvolvimento desta comparação, será utilizada as técnicas de workshop do Design Socialmente Consciente. Workshop, neste contexto, pode ser definido como seminário de curta duração com demonstrações de habilidades, saberes e técnicas. Trata-se de uma abordagem colaborativa na qual os participantes podem interagir com o propósito de criar, modificar e compreender artefatos. **Objetivo Secundário:** Para que o objetivo primário seja contemplado, os seguintes objetivos secundários deverão ser atingidos: 1. Preparar ambiente para workshop: O ambiente físico utilizado será o Laboratório de Inovação e Empreendedorismo da UTFPR/CP. Este inclui a preparação de mesas e cadeiras, bem como as ferramentas de software

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

para desenho de UML e HQ. 2. Efetuar workshop com UML: Os voluntários serão organizados em grupos de até 6 pessoas para cada workshop. As 6 pessoas participarão simultaneamente na sala. Serão utilizadas técnicas de engenharia de requisitos e o propósito neste caso será avaliar a UML. 3. Efetuar workshop com HQ: Os voluntários serão organizados em grupos de até 6 pessoas para cada workshop. As 6 pessoas participarão simultaneamente na sala. Serão utilizadas técnicas de engenharia de requisitos e o propósito neste caso será avaliar a HQ. 4. Efetuar comparação: Após a realização de um conjunto de workshops, ou seja, pelo menos 1 com UML e um com HQ, o processo de comparação será iniciado. Este irá avaliar os artefatos gerados, o tempo, e a cobertura dos requisitos..

#### **Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

De acordo com os pesquisadores, Há três participações do voluntário neste projeto. A primeira, preenchendo um questionário informando seu perfil, (conforme anexo), a segunda, participando do workshop e a terceira, preenchendo um questionário final. Na primeira e última participação o voluntário pode a qualquer instante fechar o questionário e retornar seu preenchimento se quiser. Na segunda, um pesquisador irá mediar a interação entre os envolvidos, centrando o foco no projeto de IoT supramencionado. O participante poderá se retirar do workshop em qualquer instante. A sala do Laboratório possui recursos adequados, bem com mesas, cadeiras para todos. Todo o material necessário será fornecido pelo Laboratório. O voluntário pode a qualquer instante interromper o workshop, retirar-se da sala, reingressar na sala. Nas 3 etapas há risco de constrangimento do participante, para mitigar tal evento, houve planejamento para evitar evitar constrangimentos e/ou desconfortos por parte dos participantes. Caso isso venha a ocorrer, o voluntário pode interromper a sua participação a qualquer momento, sem qualquer tipo de prejuízo.

Benefícios: Ao participar do workshop, o candidato terá agregado em seu portfólio: 1. Conhecimento em projetos de IoT: O aluno irá participar da concepção de um projeto de IoT. Ao final do workshop, será capaz de compreender a tecnologia, bem como desenvolver requisitos para a implementação de projetos; 2. Conhecimento em Engenharia de Requisitos: O aluno irá compreender as atividades de elicitação e validação de requisitos; 3. Conhecimento em artefatos de DSC: aprenderá gerar artefatos por meio do Dsc, neste cenário, em HQ e/ou UML e discutir, avaliar e validar tais artefatos.

#### **Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

A pesquisa apresenta relevância acadêmica.

<b>Endereço:</b> SETE DE SETEMBRO 3165	<b>CEP:</b> 80.230-901
<b>Bairro:</b> CENTRO	
<b>UF:</b> PR	<b>Município:</b> CURITIBA
<b>Telefone:</b> (41)3310-4494	<b>E-mail:</b> coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O projeto e TCLE atendem as recomendações da Resolução 466/12.

**Recomendações:**

No parecer de número 5.620.234, na segunda versão do projeto, havia ficado as seguintes pendências:

1- Participantes – existe já um número de 6 alunos pré definidos em cada workshop, portanto não será zero o número de participantes.

Neste caso há previsão do número de participantes de pelo menos 6 participantes por workshop. Portanto, a carta não se enquadra. Deve-se inclusive esclarecer qual vai ser o critério de não aceite do participante que exceder esta previsão. Você pode estabelecer a amostra igual a 6, por exemplo, e caso não tenha todos inscritos, justificar no relatório final. Rever FOLHA DE ROSTO, inclusive a assinatura - ver página do CEP UTFPR Só serão aceitas assinaturas DIGITAIS (eletrônica) – exemplo: PDF (eletrônica), GOV.BR ou MANUSCRITA (é aquela que você cria quando assina um documento em papel).

2- Rever os critérios de exclusão. ATENDIDO PARCIALMENTE – Colocar não se aplica nas informações básicas do projeto - (tirar o clic do critério de exclusão e escrever "não se aplica").

3- Incluir nos documentos o "TERMO DE COMPROMISSO, DE CONFIDENCIALIDADE DE DADOS ENVIO DO RELATÓRIO FINAL", constando a assinatura de todos os pesquisadores envolvidos no projeto, bem como em todos os documentos, inclusive nas informações básicas do projeto na plataforma Brasil (3 pesquisadores). NÃO ATENDIDO Pela resposta, haverá mudança do número de pesquisadores durante a execução do projeto.

caso, deve-se eliminar a participação do mesmo em todos os documentos. O documento deve ser redigido e assinado por todos os pesquisadores. Ver modelo na página do CEP UTFPR.

4- Metodologia: - Rever recrutamento – O fato de estar disponível no sistema acadêmico ou pelo moodle institucional não torna disponível a ser utilizado. Portanto, deve-se anexar a carta de autorização do setor que irá fornecer estes e-mails. - Deve-se esclarecer quantos workshops serão feitos. - Incluir na plataforma Brasil o local onde será aplicado o questionário. - Definir o dia e hora do workshop uma vez que irá constar no convite (inclusive no TCLE). - No projeto completo (anexo) existem informações adicionais que não constam nas informações básicas do projeto-plataforma Brasil. Deve-se uniformizar todos os documentos, principalmente no que se refere as intervenções com os participantes da pesquisa (metodologia-desenho).

5- Anexar todos os documentos na próxima versão que são necessários para a aprovação

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

(todos os termos, instrumentos de coleta de dados, projeto, etc.).

- 6- Incluir a data de primeiro recrutamento.
- 7- Preencher desfecho primário e secundário.
- 8- Descrever todas as intervenções na plataforma brasil - Grupos em que serão divididos os participantes da pesquisa neste centro- Intervenções a serem realizadas e número
- 9- Apresentar a carta de autorização da instituição (em função do acesso aos e-mails)
- 10- Rever cronograma se necessário.

No parecer de número 5.754.343, na TERCEIRA versão do projeto, havia ficado as seguintes pendências:

1- Participantes – existe já um número de 6 alunos pré definidos em cada workshop, portanto não será zero o número de participantes, na folha de rosto e no desenho da pesquisa consta ainda número ZERO de participantes. ATENDIDO

Neste caso há previsão do número de participantes de pelo menos 6 participantes por workshop. Portanto, a carta não se enquadra. Deve-se inclusive esclarecer qual vai ser o critério de não aceite do participante que exceder esta previsão. Você pode estabelecer a amostra igual a 6, por exemplo, e caso não tenha todos inscritos, justificar no relatório final.

- Definir o dia e hora do workshop uma vez que irá constar no convite (inclusive no TCLE). ATENDIDO

Por fim, esta relatoria reserva-se o direito de solicitar, se for o caso, reajustes no texto, inserção de novas informações nos documentos em decorrência da readequação nos documentos que compõem a Plataforma Brasil.

#### **Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Não há Pendências.

#### **Considerações Finais a critério do CEP:**

Diante do exposto, o CEP-UTFPR, de acordo com as atribuições definidas no cumprimento da Resolução CNS nº 466 de 2012, Resolução CNS nº 510 de 2016 e da Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se por APROVAR este projeto.

Lembramos aos (as) senhores(as) pesquisadores(as) que o Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) deverá receber relatórios anuais sobre o andamento do estudo, bem como a qualquer tempo e a critério do pesquisador nos casos de relevância, além do envio dos relatos de eventos adversos,

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

para conhecimento deste Comitê. Salientamos ainda, a necessidade de relatório completo ao final do estudo. Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP-UTFPR de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificado e as suas justificativas.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1632777.pdf	16/11/2022 16:50:40		Aceito
Cronograma	CronogramaOficinas.pdf	16/11/2022 16:50:06	ALEXANDRE LERARIO	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRosto_assinado_assinado.pdf	16/11/2022 16:49:36	ALEXANDRE LERARIO	Aceito
Outros	TconfAss.pdf	05/10/2022 17:04:16	ALEXANDRE LERARIO	Aceito
Outros	TCLEass.pdf	05/10/2022 16:56:35	ALEXANDRE LERARIO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	05/10/2022 16:52:30	ALEXANDRE LERARIO	Aceito
Outros	CartaAutEmail.pdf	05/10/2022 16:50:21	ALEXANDRE LERARIO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PlataformaBRv2.pdf	05/10/2022 16:47:34	ALEXANDRE LERARIO	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

CURITIBA, 08 de Dezembro de 2022

---

**Assinado por:  
Frieda Saicla Barros  
(Coordenador(a))**

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**CEP:** 80.230-901

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br



Continuação do Parecer: 5.803.804

**Endereço:** SETE DE SETEMBRO 3165

**Bairro:** CENTRO

**CEP:** 80.230-901

**UF:** PR

**Município:** CURITIBA

**Telefone:** (41)3310-4494

**E-mail:** coep@utfpr.edu.br

## APÊNDICE D – ESTUDOS DE VIABILIDADE

Este trabalho apresentou dois estudos de viabilidade. O primeiro estudo de viabilidade tem como foco a etapa de Concepção de Requisitos IoT, investigando a aplicabilidade de dinâmicas coletivas. Esta etapa busca estimular o engajamento dos participantes e promover uma compreensão compartilhada do escopo e dos desafios envolvidos.

O segundo estudo concentrou-se na etapa de Modelagem de Requisitos IoT, avaliando a viabilidade de transformar os requisitos concebidos em representações visuais e técnicas, por meio de histórias em quadrinhos e diagramas UML. Esta etapa é fundamental para garantir clareza, acessibilidade e formalização dos requisitos, permitindo maior precisão nas fases subsequentes do desenvolvimento do sistema.

Ambos os estudos foram elaborados de forma independente, mas seguem o mesmo referencial metodológico, permitindo analisar com profundidade a viabilidade de cada etapa dentro de um processo maior e integrado de criação de soluções baseadas em IoT. Ao estruturar os estudos separadamente, buscamos compreender os desafios específicos e as potencialidades únicas de cada fase, contribuindo para o aprimoramento de práticas formativas e de desenvolvimento na área.

### D.1 ESTUDO DE VIABILIDADE 1: CONCEPÇÃO DE REQUISITOS

# Socially Aware Design Workshop to Discover Socio-Technical Requirements: Planning, Execution, and Results

1<sup>st</sup> Flavia Belintani Blum Haddad  
Dept.de Computação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Cornélio Procópio, Brasil  
flaviahaddad@utfpr.edu.br

2<sup>nd</sup> Eduarda M. Almeida  
Dept.de Informática

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba, Brazil  
eduardamaganha@ufpr.edu

3<sup>rd</sup> Cleber Gimenez  
Dept.de Computação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Cornélio Procópio, Brazil  
clebergimenez@utfpr.edu.br

4<sup>th</sup> Alexandre L'Erario  
Dept.de Computação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Cornélio Procópio, Brazil  
alerario@utfpr.edu.br

5<sup>th</sup> Leticia M. Peres  
Dept.de Informática

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba, Brazil  
Imperes@inf.ufpr.br

**Abstract**—This innovative practice article describes how society is transforming its daily life due to advances in Information and Communication Technologies (ICT), which primarily affect how people interact and perform their functions at work, home, and even leisure time. The social impacts must be perceived before they become a problem, meaning that during the conception (design) of an Information System (IS), social, cultural, environmental, and legal aspects must be considered to define sociotechnical requirements. Traditional requirements gathering does not address the above, resulting in less inclusive and less sustainable systems that may negatively impact society. This research presents the execution of a Socially Aware Design (SAwD) workshop to uncover sociotechnical requirements for designing an interactive game aimed at teaching Software Engineering, applying techniques, and generating artifacts proposed by SAwD. Design theory addresses techniques and artifacts that contribute to IS construction, and organizational culture theory studies the behavior and values of a group of people. Planning and execution of a semi-participatory design workshop divided into three phases. The first phase uses brainstorming to build artifacts: stakeholder diagram, evaluation framework, value cake, and semiotic ladder. The second phase employs brainwriting to collaboratively build the game, and the third phase uses mindmapping to prototype the game. With active participation from workshop participants, it was possible to generate all planned artifacts with content that effectively contributed to the game prototype, considering the semiotic ladder's social aspects and defined requirements. A quantitative and qualitative analysis of workshop results is presented. The number of participants, completion time, and generated requirements contributed to quantitative analysis, while observation and participant experience reporting contributed to qualitative analysis. This research contributes to the dissemination of techniques and artifacts proposed by SAwD and provides a step-by-step guide to their application in the pursuit of sociotechnical requirements, essential for the construction of inclusive, sustainable, and effective IS.

**Index Terms**—Socio-technical requirements; Educational games; Socially aware design; Software engineering.

## I. INTRODUCTION

The growing integration of information systems into people's daily lives has significantly shaped the way individuals live, work, and relate [1].

The mismatch between technological advancement and the understanding of the social impacts of new technologies can result in systems that do not adequately meet users' needs and expectations, potentially leading to significant negative impacts on people's lives. This reflects a demand for design approaches that go beyond mere technical functionality but also consider the social aspects inherent in the use of these systems.

In this context, it is worth highlighting Paulo Freire, who is still relevant, [...]. As a human practice, technology is political and permeated by ideology. It has a well-defined purpose, serving a group of people and various interests: technology is not neutral, it is intentional and is neither produced nor used without a worldview, a view of humanity, and a society that underpins it [2], which corroborates the importance of understanding the social context in which technologies will be inserted even at present.

From a worldview, and societal perspective combined/associated with the technical vision arising from technologies, the sociotechnical vision is conceptualized which allows technological artifacts to be in harmony with human, organizational, and social factors in the development, adoption, and use of Information Systems (IS) [3], meaning it associates, explores, and combines technical requirements with social requirements.

Identifying and associating social elements with technical requirements is not an easy task. Theories, approaches, methods, techniques, and recommendations are necessary to work

with human and cultural values, especially for Information Technology professionals who often have training and experience only with technical focus [4].

Socially Aware Design (SAwD) can assist in this context by using Organizational Semiotics to discover and model human values, habits, cultures, procedures, and rules involving different types of users of a computer system to link these elements to the technical level of the system [5].

SAwD aims to elucidate problems and propose solutions by observing characteristics at three levels of abstraction and formalism with the objective of including sociotechnical requirements in the interactive systems design process, integrating human values, cultural aspects, and the social reality of users [6]. It proposes the conduct of semi-participatory design workshops, combining concepts from Organizational Semiotics [7] and participatory design.

Within this discussion, this research proposes the conduct of a SAwD workshop aimed at collaboratively discovering sociotechnical requirements for the creation of a Role-Playing Game (RPG) with Internet of Things (IoT) elements for teaching Software Project Management, including elements to be taught to SAwD students themselves. At the end of the workshop, a list of sociotechnical requirements and game prototypes was generated.

This article presents how to apply SAwD, which can be replicated in the development of other educational games and IS in other contexts, detailing the planning and execution of a semi-participatory design workshop according to SAwD guidelines. The artifacts generated during the workshop are presented, discussed, and analyzed, providing an understanding of the sociotechnical requirements identified in the process. By addressing these issues systematically, this work seeks to fill a gap in the understanding and application of SAwD practices, promoting the construction of IS more aligned with the needs and values of the society in which they are embedded, as well as the creation of an educational RPG for Software Engineering (SE).

#### A. Objective

The overall aim of this research is:

- **To discover** sociotechnical requirements **regarding** the characteristics of informal (culture), formal (rules), and technical (technological requirements) levels, **from the perspective of** researchers representing stakeholders of the project **in the context of** creating an RPG with IoT elements for use in teaching Software Project Management.

The specific objectives that lead to the achievement of the overall aim are:

- 1) To plan a semi-participatory design workshop;
- 2) To execute the semi-participatory design workshop generating the artifacts proposed by SAwD;
- 3) To create a prototype of the RPG;
- 4) To analyze and present the results.

#### B. Contribution

The main contribution of this work is to **present** to the scientific, academic, and industrial society how to conduct a SAwD workshop for discovering sociotechnical requirements in the construction of interactive information systems, making these systems more humanized, inclusive, and sustainable, while also minimizing negative impacts when introduced into society.

The study aims to provide valuable insights into how to conduct SAwD workshops for discovering sociotechnical requirements. While there are existing researches exploring SAwD, this study differs from others because it thoroughly addresses the steps for conducting workshops with the characteristics, techniques, and artifacts proposed by SAwD.

Thus, **it reports** the planning and execution of a SAwD workshop in the construction of an RPG with IoT elements for use in teaching technical content and exercises of social skills in the Software Project Management discipline. However, **it is emphasized** that this method can be replicated in the creation of other educational games or in any type of IS such as systems focused on health, safety, industry, entertainment, and other services that permeate society. The main contribution of this research is the presentation of a process for conducting SAwD workshops and the prototyping of the RPG.

## II. BACKGROUND

In this section, important concepts used in this research are presented, as well as the main related works.

#### A. Sociotechnical Perspective

Information Systems (IS) are developed by people and for people, so understanding human characteristics and behaviors, as well as improving their skills, is essential for IS development [8]. However, IS are still built with a narrow view focused on technical aspects, without considering aspects related to culture, politics, market conditions, organizational conditions, and the impacts caused by technology on society [9].

Increasingly, the importance of software development establishing closer ties with social sciences and cognitive psychology is recognized [9]. This relationship occurs through a sociotechnical approach, which observes the complexity of the application in relation to both technical and social aspects [10]. It is important to highlight that the goal of a sociotechnical perspective in IS development is to unite the technical and the social, perceiving them in a new framework. A perspective that seeks not to fragment SE into technical aspects on one side and non-technical aspects on the other, making them indivisible [9].

The need for a sociotechnical perspective stems from the concept of sociotechnical systems, which seeks to maintain a reciprocal interrelation between humans and machines, maintaining harmony between technological efficiency and humanization, which significantly contributes to the success and effectiveness in the construction and use of IS [10].

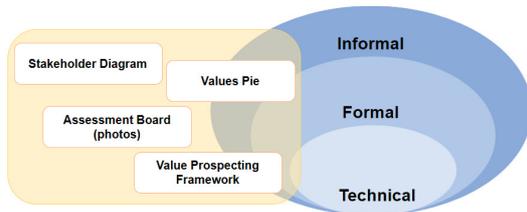


Fig. 1. Semiotic onion with artifacts. Source: Based on [14]

### B. SAwD

SAwD proposes the collaborative participation of stakeholders from various layers of society who have an interest in the project, directly or indirectly, and/or may be future users and/or who may contribute in some way to the conception of a design for all [11]. It is based on Organizational Semiotics [7], on the Building Blocks of Culture by [12], on the Theory of Values by [13], and on participatory design.

In Figure 1, the Semiotic Onion is represented, containing the three levels at which SAwD operates (informal, formal, and technical) associated with artifacts that collaborate in the discovery of sociotechnical requirements. At the informal level, everyday life, culture, and human values of the involved people are observed; the formal level represents how society is organized, based on its laws, rules, and models; and at the technical level, technological artifacts are represented, considering the data from the previous levels, society, and design. Each level interferes with the others in a cyclical movement [11].

Each artifact in Fig. 1 represents a specific characteristic. When specifying the Stakeholder Diagram (SD), those involved at different levels regarding the problem/solution are considered. This artifact assists in identifying and/or recognizing non-obvious stakeholders that compromise understanding of the problem [14].

The Evaluation Board artifact is built by stakeholders who discuss problems and solutions of the analyzed context. The Value Prospecting Board is suggested to obtain a more detailed view from the main stakeholders [14]. While the Value Pie is filled for an understanding of values according to their formality, culture, and interaction [15].

### C. Related works

SAwD is particularly important in critical domains such as education, health, and safety. [16] reports a collaborative workshop developed to understand problems and gather requirements for a game aimed at assisting children in speech therapy exercises outside the hospital environment. Its goal was to create a systemic understanding of the problem, covering human and technical aspects, potential solutions, and their implications. This study is sequenced and concluded in [17], with the conduct of semi-participatory design workshops.

SAwD has been applied in the educational context in [18], where they designed a socioconstructivist environment, CPES (Collaborative Programmable Environment for Storytelling),

in early childhood education. Another study applies SAwD in education for Adult and Youth Education (AYE), aiming to teach computational thinking to this audience by creating real-world scenarios [19]. And a study focused on Software Engineering (SE) addresses the Human-Computer Interaction (HCI) discipline through projects for the creation of interactive artworks.

SAwD was also applied in the construction of a digital educational game focused on SE. This study highlights the importance of understanding the social context in educational approaches in SE when developing interactive games. The method used involved semi-participatory design workshops, resulting in artifacts such as the Stakeholder Diagram, Value Prospecting Board, Evaluation Board, Semiotic Ladder, and a game prototype. This study does not explore the Value Pie [20].

The analysis of results revealed significant contributions, including increased stakeholder participation and the discovery of sociotechnical requirements, promoting a deeper understanding of the problem and enhancing the solution. It also emphasizes the relevance of applying and disseminating SAwD, aiming to build more humanized, sustainable, and inclusive interactive systems in the IS field [20].

Regarding studies seeking methods, processes, and tools for obtaining sociotechnical requirements, one can mention a study that uses the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to model complex sociotechnical systems based on the concepts and principles of Resilience Engineering [21], thus it is applied to model sociotechnical systems, excluding other types of IS.

## III. METHOD

This research aims to conduct a semi-participatory design workshop according to SAwD guidelines, with the objective of identifying and prototyping sociotechnical requirements in the creation of an RPG for teaching SE. It is characterized as descriptive research, associated with the interpretivism paradigm through action research. Data collection occurs from the data generated during the workshop execution, and a quantitative and qualitative analysis of the results is performed.

During the workshop, techniques such as brainstorming, mindmapping, and brainwriting are applied to develop artifacts that contribute to the identification of sociotechnical requirements of the system.

In Figure 2, the process for applying SAwD, developed by the authors, is represented through the planning and execution of a semi-participatory design workshop, with activities and their respective execution flow. The process for conducting SAwD workshops consists of two stages (Fig. 2): Planning and Execution. The Execution stage is divided into Opening, Conception, Modeling, and Conclusion. These stages are detailed in the following subsections.

The process for conducting SAwD workshops consists of two stages (Fig. 2): Planning and Execution. The Execution stage is divided into Opening, Conception, Modeling, and Conclusion.

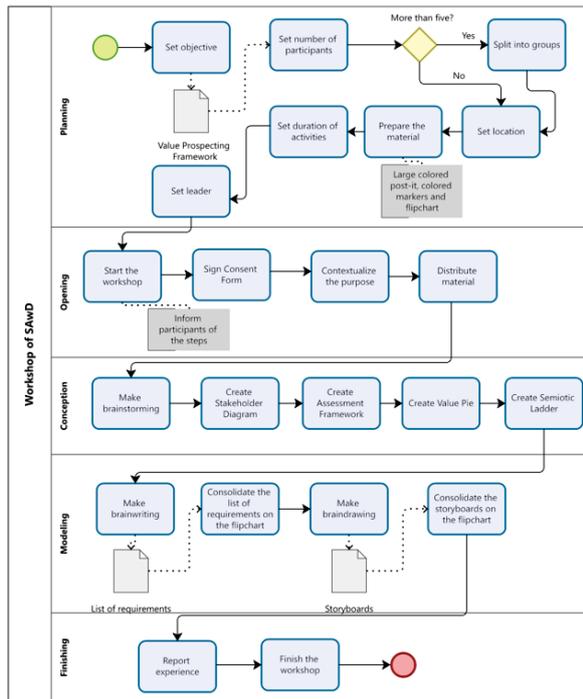


Fig. 2. Process for conducting SAWD workshops.

Conclusion. These stages are detailed in the following subsections.

#### A. Workshop Planning

The planning stage begins with defining the objective, aiming to understand the problem in a shared manner before solving it. Thus, it is suggested to develop the Value Prospecting Board, which will guide participants in seeking the most suitable solution to the proposed problem, as depicted in Figure 3.

Next, the number of participants is defined. If the number exceeds five, which is often the case due to SAWD's characteristic of involving as many stakeholders as possible for collaborative design, groups should be created to optimize the dynamics' execution.

Based on the number of participants, the location and time are chosen, and the material is prepared, consisting of colored post-it notes, colored markers, A4 paper, and flipchart sheets. The facilitator who will lead the workshop is determined. Typically, the facilitator does not count as a participant unless they also participate in creating the artifacts. It is also important to define the duration of each proposed activity during the workshop execution. The duration may vary according to the complexity of the IS to be modeled.

#### B. Workshop execution

The execution of the semi-participatory design workshop is divided into Opening, Conception, Modeling, and Conclusion.

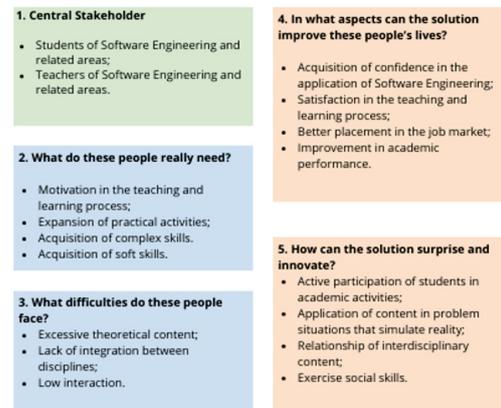


Fig. 3. Value Prospecting Framework.

For these activities, the brainstorming technique is used to encourage participants to fill in the artifacts they are creating.

1) *Opening*: The facilitator starts the workshop by explaining to the participants the activities to be carried out, their duration, the techniques used, and the artifacts to be generated (10 minutes). They contextualize the purpose, clarifying the workshop's objective, and may at this point request a key stakeholder to contribute additional information and even use additional documents (15 minutes). Then, the facilitator distributes the materials and proceeds to the Conception phase (5 minutes). The total time for the opening session is 30 minutes.

Participants are also requested to read and sign the Consent Form, allowing the use of the produced materials and images for research purposes. It's important to inform the participants about the content of the document and the collection of signatures at the beginning of the workshop.

2) *Conception*: The majority of the workshop activities are focused during the Conception phase. Thirty minutes should be allocated for identifying stakeholders who will compose the Stakeholder Diagram (SD).

For the creation of the Evaluation Board, at least 20 minutes are needed for the identification and description of problems. Additionally, 20 minutes are required for proposing ideas and solution suggestions related to the identified problems, totaling 40 minutes for this activity.

After creating the Evaluation Board, the activity of identifying values in 10 cultural areas, which will compose the Value Pie, begins. This activity is allotted 40 minutes.

The creation of the Semiotic Ladder requires a little more time than the previous activities because it is based on the results of the artifacts created to identify the sociotechnical requirements that will be part of the six steps of the semiotic ladder. This activity is allocated one hour.

In summary, the Conception phase includes the creation of the Stakeholder Diagram, the Evaluation Board, the Value Pie, and the Semiotic Ladder, totaling 3 hours and 30 minutes.

3) *Modeling*: In this stage, a list of requirements derived from the sociotechnical requirements of the Semiotic Ladder and storyboards derived from the list of requirements are produced.

For creating the list of requirements, the brainwriting technique is used, which involves distributing an A4 sheet to each participant (divided into groups of up to 5 people). Each participant should start the text on their sheet with "The system must have," "The game must have," or "The application must have," depending on the context, and continue the text until the facilitator gives a warning to switch the sheet of paper with the participant next to them. The participant stops writing, and the other continues from where the previous one left off. The sheets rotate until each one receives theirs back. The first round starts with 1 minute and 20 seconds, and with each round, there is a gradual increase in time so that the participant can read what is already on the sheet and continue writing. This part of the activity lasts for 10 minutes.

Next, each group gathers the sheets from their participants to extract and consolidate the requirements on a flipchart sheet. This activity lasts for 30 minutes. Thus, the total duration of the brainwriting activity is 40 minutes.

From the consolidated list of requirements, participants are invited to create the first prototype using the braindrawing technique, which is similar to brainwriting, but instead of text, participants draw (there may be indicative texts in the drawings). The first round starts with 1 minute and 20 seconds, and with each round, there is a gradual increase in time so that the participant can read what is already on the sheet and continue the drawing, using a total of 10 minutes.

Once the rounds of braindrawing are completed, groups consolidate the drawings on a flipchart sheet, resulting in the first prototype of the IS. For this consolidation activity, 50 minutes are available. In total, 1 hour is needed to complete this activity.

For creating the artifacts proposed in the Modeling stage, 1 hour and 40 minutes are required.

4) *Finishing*: In this final stage, 30 minutes are allocated for participants to report their experience and provide feedback on the results of the activities, using the focus group method for collecting qualitative data.

Following this, the facilitator expresses gratitude and formally concludes the workshop.

#### IV. RESULTS AND DISCUSSION

This section presents the results obtained from the execution of the semi-participatory design workshop, including the respective artifacts generated and discussions regarding the stakeholders' understanding of the problem and their comprehension of the human and social values that constitute the context of the system to be developed.

##### A. Opening of the workshop

The workshop took place on August 23, 2023, at the Fundamentals and Applications in Software Engineering Laboratory (Lab FAES) of the Graduate Program in Informatics at the

University of [omitted for blind review]. With ten attendees in total, including researchers, software engineering professors, undergraduate students, and graduate students, the facilitator began by presenting the artifacts that would be worked on, previously drawn on the whiteboard, the duration of the activities, and provided a brief contextualization of the topic to be addressed.

As the theme is the creation of an RPG for teaching Software Project Management with IoT elements, considering the exercise of interpersonal and social skills, one of the key stakeholders presented 16 skills extracted from the ACM/IEEE Global Computing Education paradigms [22] for collaborative selection of which skills should be addressed in the game.

Seven skills were selected: problem-solving ability, critical and sharp awareness, ethics and responsibility, systemic vision, conflict resolution, social and cultural issues through non-technical context analysis, and analysis of the impact of social changes caused by technology. In addition to three other skills that are intrinsic to RPG: collaboration, teamwork, and communication.

##### B. Stakeholders Diagram

The first artifact collaboratively worked on was the Stakeholder Diagram (SD), which identifies stakeholders, mapping who may be directly or indirectly impacted by the system. The objective of stakeholder identification is to enable the participation of stakeholders in the design process for a better understanding of the problem and joint construction of the solution.

The artifact categorizes stakeholders into five layers, with the closer to the core, the more important the stakeholder is to the system. The categories of the SD, from the innermost to the outermost layer, are as follows:

- 1) Operation: At the core of the diagram lies the objective, designers, and developers can also be considered.
- 2) Contribution: Those who directly contribute to the problem.
- 3) Source: Those who provide data and/or are a source of information for the problem or its solution, or make use of them.
- 4) Market: Related to market aspects related to the problem.
- 5) Community: Representatives of the community who influence and are influenced by the problem in the social context.

The result of the Stakeholder Diagram (SD) is presented in Figure 4. It can be highlighted that in the **Operation** category, the core of the diagram, the system to be developed is identified as an RPG for teaching SE; in **Contribution** are the main stakeholders who directly contribute to the solution, including teachers, students, and game designers; in **Source**, professionals in HCI, educators, and game masters are highlighted; in **Market**, ludic extension projects and developers of educational games; and in **Community**, universities and citizens.

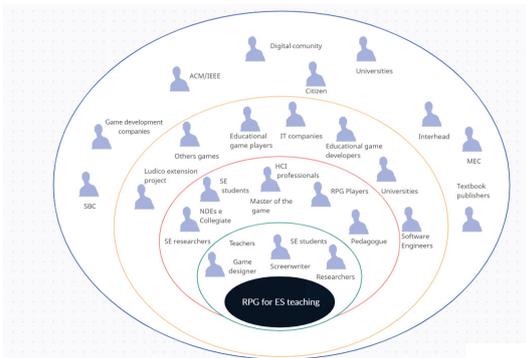


Fig. 4. Stakeholders Diagram.



Fig. 5. Construction of the Evaluation Board.

A total of 28 stakeholders were identified, with five of them considered as main stakeholders. Some stakeholders were identified in more than one category, depending on the contribution they can offer or be impacted in relation to the system. When conducting semi-participatory design workshops, it is important to involve representatives from each of the identified stakeholders. This activity was considered satisfactory due to the active participation of all attendees, as well as the presented result.

### C. Evaluation Board

The Evaluation Board is filled in two stages: problem identification and suggestion of ideas for solving the identified problems. The construction of this board with respective problems and solutions suggested by the participants can be visualized in Figure 5.

It can be observed in Figure 5 that in the left column, the identified stakeholders from the SD are listed. In the middle column, sticky notes related to the problems perceived by each stakeholder are attached, and in the right column, proposed solutions to the identified problems are listed.

For the identification of problems and proposed solutions, as well as for the creation of the SD, the brainstorming technique was used. As problems and solutions emerged, more

issues were brought to light. In total, 29 problems and 25 associated solutions were identified. The dynamic involving participants in understanding the problem suggests that the more people involved in the design process, the more problems and solutions are raised.

One problem can result in multiple solutions, or one or more problems can lead to a single solution. An example of two problems resulting in one solution is: problem 1 - "How to ensure which competencies are being exercised?" and problem 2 - "Where to fit the exercise of skills in the game?" The proposed solution for problem 1 and problem 2 was "Associate skills and/or competencies with challenges, characters, and game objectives."

It was observed that the greater the involvement of stakeholders in the problem, i.e., the closer they are to the core of the SD, the higher the incidence of problems and solutions reported in the Evaluation Board.

### D. Value Pie

The Value Pie is an artifact proposed by [23], also known as eValue, to assist in the analysis and design of interactive computer systems from the perspective of social and cultural values. The authors emphasize the importance of understanding cultural values in system design, facilitating the identification of cultural values and relevant social aspects in the design of the new system.

This artifact is based on Hall's Primary Message System, which characterizes culture through Building Blocks of Culture [12], divided into: interaction, association, subsistence, classification, space, time, learning, fun, protection, and exploration.

To assist in gathering requirements for the creation of the RPG proposed in this research with a more specific understanding of the cultural characteristics in which the game will be inserted, the Value Pie Chart was conceived. The conception was carried out considering the narrative, scenario, game mechanics, and the social and cultural contexts of the players.

During the workshop, participants filled the Value Pie by contextualizing the players' profile and characteristics that the game should have to meet the identified context. In Fig. 6, the Value Pie is represented with the identified characteristics.

In the "Interaction" area, it is mentioned that the "Interaction" refers to the relationship between the teacher, who masters the game for the student, or the teacher can also be just the mediator and allow the students to take on the role of master while others only play. It is also suggested that the classroom be divided into groups and that the narrative allows collaboration between groups to achieve the game's objective.

In the "Space" section, the context of the narrative is defined, which will have family farming as the main theme, and more physically, the dimensions and characteristics of the game board as supporting material for the game.

Under "Time," it is highlighted that each game session can last the equivalent of 1 hour and 10 minutes, considering the use of two classes per session, each of 50 minutes (10

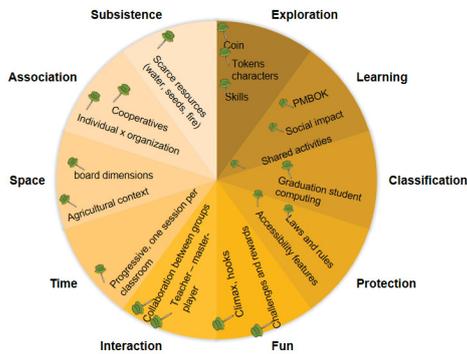


Fig. 6. Value Pie

minutes at the beginning of the class to contextualize and prepare, 70 minutes playing, and the remaining 20 minutes for discussion and feedback). It is also noted that the challenges should be progressive (from easy to difficult) and that the use of technologies in the field should also follow a temporal evolution.

In the "Fun" category, the importance of creating a climax (some tension) to capture the players' attention is raised, proposing challenges, creating hooks for the continuation of the story, if it extends beyond one class (session), and the need to ensure rewards for achievements in the game.

Under "Learning," the technical content to be worked on in the game (PMBOK - Project Management Knowledge Guide) is emphasized, the importance of creating problem situations that players must analyze the social impacts, possibly proposing the use of SAwD artifacts in solving these problems, and also sharing knowledge through collaboration in carrying out activities.

It is also worth noting the "Subsistence" area, which addresses proposing the scarcity of natural resources such as water, the dangers of global warming that can result in wildfires, and the acquisition of seeds for planting.

The discussion and completion of these areas of the Building Blocks of Culture involved all participants who did not hesitate to place the post-its on the board in the part representing the Value Pie Chart. This activity was considered relevant to the process of eliciting sociotechnical requirements.

### E. Semiotic Ladder

Once the problems were identified, solutions proposed, and the characteristics mapped in the ten areas identified in the Value Pie, the collaborative construction of the Semiotic Ladder was carried out, in which sociotechnical requirements are arranged.

The Semiotic Ladder consists of six steps, with the top three steps related to the human information system, in the use of signs, how they function in communicating meanings and intentions, and what the social consequences of their use are. Meanwhile, the bottom three steps refer to aspects

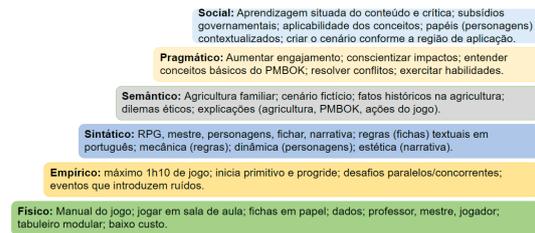


Fig. 7. Semiotic Ladder.

of the technological infrastructure, enabling the physical and technological implementation of the system [Reference].

Based on the result of this activity, the sociotechnical requirements were arranged in the Semiotic Ladder in the format shown in Fig. [Reference], based on the previous artifacts and mainly on the perception of the characteristics derived from the Value Pie. These requirements will support the creation of a comprehensive list of requirements and the development of the game prototype.

### F. Prototype

Two prototypes were built, one per group, with 10 participants divided into two groups of five each. For this activity, two techniques were used, brainwriting and braindrawing.

In the first execution, participants jointly wrote the characteristics of the RPG starting from the phrase "The game must contain...", resulting in 36 valid requirements, discarding duplicates. This activity lasted for 40 minutes, suggesting that participants had a clear understanding of the problem and were able to abstract social and human values, contextualizing the target audience more accurately, thus facilitating the writing of requirements.

In Fig. [Reference], the moment when one of the groups consolidates and presents the list of requirements generated from the brainwriting sessions is recorded.

Following that, braindrawing sessions were conducted to prototype the game, based on the previous results, through the creation of storyboards. Storyboards are drawings containing sequential frames outlining the narrative and its elements, including characters. Through them, ideas can be simulated and communication can be enhanced with other stakeholders involved in the design process.

Figure 9 presents four storyboards as examples of the documents collaboratively created in the braindrawing sessions, meaning each participant initiates their drawing, which then circulates among all participants in the respective group for further development.

After the braindrawing sessions concluded, the groups consolidated the storyboards on a flipchart sheet and presented the result to the participants for final consolidation. One of the consolidated outcomes can be seen in Figure 10.

The prototypes created in this stage of SAwD application reflect the characteristics identified in the previous artifacts, as well as the perception of each participant, collaboratively



Fig. 8. Consolidation of requirements after the brainwriting sessions.

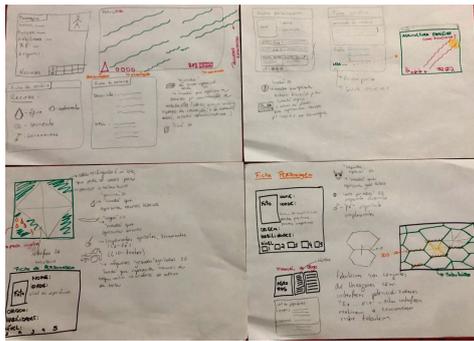


Fig. 9. Storyboards created during the braindrawing sessions.

modeled, making the process more participatory and yielding comprehensive results.

### G. Finishing

Upon completion of the proposed activities in the semi-participatory design workshop, the facilitator asks the participants to provide brief feedback on their experience. Overall, the participants expressed satisfaction in learning and applying the concepts of SAwD, reported enjoyment in participating in the activities, and agreed that the generated artifacts contributed to a better understanding of the problem and the search for a solution suitable to the social context. The workshop concluded with the facilitator expressing gratitude to the participants.

## V. FINAL CONSIDERATIONS

This work presented the planning, execution, and results of conducting a SAwD workshop, aiming to understand the problem from a socio-technical perspective and generate ideas

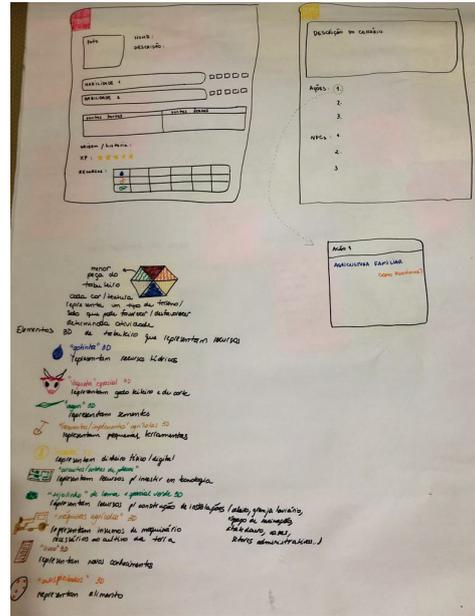


Fig. 10. Consolidation of the Storyboards created during the braindrawing sessions.

for creating an RPG applied to teaching Software Project Management.

The workshop was successfully completed within the expected timeframe, resulting in the generation of artifacts that produced a list of socio-technical requirements and an initial prototype of the game to be developed.

The effective participation of diverse stakeholders, collaborative practices, the number of participants, and the generated artifacts suggest that SAwD can and should be applied when aiming to create more inclusive and sustainable IS based on a deeper understanding of the social context in which the system will be inserted.

It is important to note that generating all proposed artifacts in a single day was a tiring activity, albeit productive. Therefore, it is possible to carry out the proposed activities over multiple days, especially when the complexity of the IS to be developed is high.

### A. Contributions

The successful application of SAwD in different contexts, including child therapy, early childhood education, adult education, and software engineering, highlights the method's versatility. The ability to adapt SAwD to various areas demonstrates its relevance and effectiveness in promoting social awareness in diverse scenarios.

The strategy of involving a significant number of stakeholders, as suggested by SAwD, proves to be an effective practice for achieving comprehensive perspectives during collaborative creation. This approach contributes to the validity and repre-

sentativeness of the results obtained, considering the diversity of opinions and experiences.

The choice of techniques such as brainstorming, brainwriting, and mindmapping during different phases of the workshop stands out as a significant contribution. These approaches favor the collaborative generation of ideas, the identification of socio-technical requirements, and prototyping, fostering active participation of those involved.

This research highlights as its main contributions the process developed by the authors to guide the workshop's execution and the prototype of an RPG that will exercise both technical content and important soft skills for software engineers.

### B. Limitations

Although the research method based on SAwD presents several contributions, some limitations deserve consideration. The semi-participatory approach adopted in the workshops may result in challenges related to representativeness, as the choice of participants and the formation of groups can influence the diversity of perspectives. Additionally, the emphasis on identifying sociotechnical requirements through the brainstorming technique may introduce bias, as certain voices may be more prominent, compromising equity in the collaborative creation process.

The extension of the method's applicability to other areas or audiences may require additional adjustments and validations, particularly regarding the execution time, which may depend on the complexity of the problem. Moreover, the complexity of the method, evidenced by the extensive list of activities and proposed techniques, may be a barrier to adoption by researchers and professionals with limited resources, compromising the accessibility and replicability of the method.

### C. Future works

As a future work, we aim to complete the development of the RPG and apply it in the Software Project Management course, as well as to evaluate and present the results of this game created through SAwD.

Furthermore, we envision conducting research to explore studies that have applied SAwD in different interactive information system development contexts, as well as works that present the traditional design process in order to identify and highlight advantages (benefits) and potential disadvantages of using SAwD compared to other processes.

### ACKNOWLEDGMENT

We thank all workshop participants and the development team.

### REFERENCES

- [1] B. M. Zabadal and B. F. L. M. de Castro, "Iot e seus principais desafios," *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [2] P. Freire, *Ação cultural para a liberdade e outros escritos*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1977, vol. 1, no. 2.
- [3] J. P. d. Albuquerque, "Contribuições para uma abordagem sociotécnica aos sistemas de informação," Master's thesis, Universidade de São Paulo, 2015.
- [4] R. Pereira, M. C. C. Baranauskas, and K. Liu, "An essay on human values in hci," *Journal on Interactive Systems*, vol. 9, no. 1, 2018.
- [5] B. Ferrari, D. S. Junior, C. M. Oliveira, J. S. Ortiz, and R. Pereira, "Design socialmente consciente de jogos: relato de uma oficina prática para o entendimento do problema e prospecção de ideias," in *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*. SBC, 2019, pp. 11–20.
- [6] S. B. Buchdid, R. Pereira, and M. C. C. Baranauskas, "Pro-idthv: A sociotechnical process model for designing idtv applications," *Journal of Systems and Software*, vol. 154, pp. 234–254, 2019. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0164121219301037>
- [7] K. Liu, *Semiotics in Information Systems Engineering*. Cambridge University Press, 2000.
- [8] R. S. Pressman and B. R. Maxim, *Engenharia de software: uma abordagem profissional*. AMGH, Porto Alegre. E-book. ISBN 978-65-5804-011-8., 2021, disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786558040118/>. Acesso em: 02 ago. 2023.
- [9] L. H. Cukierman, R. Prikladnicki, and C. Teixeira, *Um olhar sociotécnico sobre a Engenharia de Software*. Porto Alegre: RITA, 2007, vol. XIV, no. 2.
- [10] R. R. CORREIA, "Associações entre princípios sociotécnicos e compartilhamento de conhecimento: estudo de caso em projetos de sistemas de informação," *Perspectivas em Gestão & Conhecimento*, vol. 3, pp. 175–191, 2013.
- [11] M. C. C. Baranauskas, "Social awareness in hci," *Interactions*, vol. 21, no. 4, pp. 66–69, 2014.
- [12] E. T. Hall, *The silent language*. Garden City, N. Y.: Doubleday, 1959.
- [13] S. Schwartz, *Basic human values: Their content and structure across countries*, 01 2005, pp. 21–55.
- [14] D. P. da Silva Júnior, M. C. C. Baranauskas, and R. Pereira, "A socially-aware perspective to understand and fight violence against children and adolescents," in *Anais do III Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade*. SBC, 2022, pp. 26–39.
- [15] R. Pereira and M. C. C. Baranauskas, "Value pie: a culturally informed conceptual scheme for understanding values in design," in *Human-Computer Interaction. Theories, Methods, and Tools: 16th International Conference, HCI International 2014, Heraklion, Crete, Greece, June 22-27, 2014, Proceedings, Part I 16*. Springer, 2014, pp. 122–133.
- [16] B. Ferrari, D. S. Junior, C. M. Oliveira, J. S. Ortiz, and R. Pereira, "Design socialmente consciente de jogos: relato de uma oficina prática para o entendimento do problema e prospecção de ideias," in *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*. SBC, 2019, pp. 11–20.
- [17] B. Ferrari, D. P. da Silva Junior, C. M. Oliveira, J. S. B. Ortiz, and R. Pereira, "Socially aware design of games: an early workshop for game designers," 2020.
- [18] M. C. C. Baranauskas and J. E. G. Posada, "Tangible and shared storytelling: Searching for the social dimension of constructionism," in *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*, ser. IDC '17. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2017, p. 193–203. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3078072.3079743>
- [19] J. Ortiz and R. Pereira, "Computational thinking for youth and adults education: Towards a socially aware model," in *Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2020, pp. 52–61. [Online]. Available: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wcbie/article/view/13025>
- [20] F. B. B. Haddad, L. M. N. Dias, C. G. Corrêa, and L. M. Peres, "Discovery of socio-technical requirements for the design of a digital educational game," in *Proceedings of the XIX Brazilian Symposium on Information Systems*, 2023, pp. 174–180.
- [21] E. Carvalho, J. Gomes, A. Jatobá, M. Silva, and P. Carvalho, "Requisitos de software para sistemas complexos: Aplicando design science research para uma abordagem de elicitação de requisitos com o método de análise da ressonância funcional (fram)," *iSys - Brazilian Journal of Information Systems*, vol. 15, 06 2022.
- [22] C. T. Force, *Computing Curricula 2020: Paradigms for Global Computing Education*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2020.
- [23] R. Pereira, S. B. Buchdid, L. C. de Miranda, and M. C. C. Baranauskas, "Considering values and cultural aspects in the evaluation of interactive systems prototypes," in *International Conference on Information Society (i-Society 2012)*, 2012, pp. 380–385.

## D.2 ESTUDO DE VIABILIDADE 2: MODELAGEM DE REQUISITOS

# An Approach to Use Comic Strips To Support IoT Systems Requirements Engineering

1<sup>st</sup> Eduarda M. Almeida  
Dept.de Informática

Universidade Federal do Paraná  
Curitiba, Brazil  
eduardamaganha@ufpr.edu

2<sup>nd</sup> Leticia M. Peres  
Dept.de Informática

Universidade Federal do Paraná  
Cornélio Procópio, Brazil  
lmperes@inf.ufpr.br

3<sup>rd</sup> Alexandre L'Erario  
Dept.de Computação

Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Cornélio Procópio, Brazil  
alerario@utfpr.edu.br

**Abstract**—The term Internet of Things (IoT) describes an environment where billions of objects, restricted in resources, use the Internet as an infrastructure for exchanging messages. In the IoT system, a set of heterogeneous devices such as sensors, actuators, energy sources, and processors are fundamental for the interaction between objects. The construction of these systems demands the professionals' knowledge in identifying, analyzing, and specifying the requirements that impact the system quality. However, there are challenges in developing these systems because the different perceptions of stakeholders and the different use of computing resources can cause errors in requirements gathering and lead to ambiguities in developing IoT systems. In addition, its characteristics and its large number of elements tend to increase the complexity of its configuration. Therefore, it is necessary to develop techniques to promote effective communication between the stakeholders, regardless of their areas of knowledge, to establish, define and clarify the requirements. This work proposes comic strips (CS) for defining and gathering requirements for IoT systems. The first set of non-functional requirements for IoT systems was identified in the literature, such as maintainability, security, integration, and performance. We developed a syntax for building comics to assist in the definition and requirements gathering of IoT systems from this set. We conducted a feasibility study using informal, formal, and technical workshops with professionals and users to identify the potential for continuity of this proposal. In addition, this discussion was carried out with undergraduate students who could participate in the process, improving their knowledge in requirements engineering. The students could identify divergence among interests and concepts from stakeholders and propose adequate solutions during requirements elicitation. The results obtained from an established comic were positive and promoted communication between stakeholders. This work's contribution approaches the grammar for defining IoT systems in comics and an effective interaction method.

**Index Terms**—Internet of Things, Comic Strips, Socially Aware Design, Requirements

## I. INTRODUCTION

The production process changed to face dynamic markets. The changes reflect how people live, work and relate to one another, characterized by the intensive use of digital technologies to generate new products quickly and effectively [1]. Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence, Big Data, Virtual Realities, and other [2] components stand out as components involving these modifications.

In this scope, IoT gained space beyond productive environments, such as industries and offices, and began to be inserted

in all aspects of people's lives, whether in educational institutions, residences and/or leisure, through different devices and forms. access, has expanded its reach around the world [3].

The IoT describes an environment where billions of objects, with constrained resources, use the Internet as an infrastructure for exchanging messages and involves innovative functionality connecting devices and/or objects seamlessly [4]. In the IoT system, heterogeneous devices such as sensors, actuators, energy sources, and processors are fundamental for interacting with objects.

The construction of these systems demands the knowledge of professionals to identify, analyze and specify the requirements that impact the quality and experience of using the [5] system. However, there are challenges in developing these systems, as the different perceptions of stakeholders and the different use of computing resources can cause errors in requirements gathering and lead to ambiguities in the development of IoT systems [6]. Due to the diversity of stakeholders' knowledge in the development of IoT systems, there are different training, terminology, and specific expertise, and the understanding of the system can be conflicting between stakeholders [7]. In addition, the characteristics and many elements of IoT systems tend to increase the complexity of their configuration.

Therefore, it is necessary to develop techniques that promote effective communication between stakeholders, regardless of their areas of knowledge, to establish, define and clarify requirements. Thus, the need for techniques that support the process of defining and gathering requirements in IoT systems is characterized.

In search of solutions, the Socially Conscious Design (SAwD) methodology, through semi-participatory workshops, such as participatory, collaborative, and universal design techniques, can help define requirements that encompass human, organizational, legal, and cultural values. , economic and technical, divided into informal, formal, and technical [8] project levels. Thus, the technical level is based on the information it receives from the formal and informal groups. The elicitation process is iterative, and it goes from casual to technical and technical to informal while checking possible needs to update the model [8].

The first set of requirements for IoT systems was identified

in the literature, such as maintainability, security, integration, and performance [9]. From this set and with the practice of SAwD, we developed a syntax for building comics as an aid in defining and gathering requirements for IoT systems.

This work proposes a constructivist approach of theory and practice [10], the application of SAwD methodology as a feasibility study, to identify the practice of using comics in the requirements gathering process for IoT systems. Software engineering professionals and students participated in the workshop and improved their knowledge of requirements engineering.

The contributions of this work are summarized as follows:

- Use of the SAwD methodology through workshops with stakeholders to support the definition and discussion of IoT system requirements
- Use of comics for visual prototyping and narrative requirements for IoT systems.

## II. BACKGROUND

### A. Models for IoT System Requirements Elicitation

IoT has become a relevant topic as it enables how people can experience and use the technology in a prototype; however, there are challenges related to identifying the specific requirements of IoT systems [11].

The work [6] highlights that interviews and prototypes are among the most commonly used requirements definition techniques for the development of IoT systems. Due to the variety of stakeholders involved in the project, the interview is used to gather detailed needs and opinions on the expected specifications to ensure minimal conflicts and maximize project interest for all parties [6]. The use of the prototype to assist in the iterative discussion, to identify all the alternative flows, changes, and consistent improvements [6].

The study [12] reports an investigation of how the requirements of different stakeholders can be specified without errors, considering conflicts and influences. They propose [12] a modeling language called IoTRML, which provides means to design requirements models for IoT systems.

The work reported by [13], presents a version of IotReq, a method for eliciting and specifying requirements for an IoT system; other works, [14] and [15], address the topic of requirements for IoT systems, which propose conceptual frameworks to capture and present requirements.

The author [13] indicates that there is no set of best software engineering practices for developing IoT systems. It is known that visual techniques for defining requirements can be used, such as simulation of scenarios, use cases, sequence diagrams, and prototyping [16], however, no proposal associating a visual model for prototyping requirements in IoT systems was identified in the literature.

The work [16], reports the execution of the experimental method applied to identify the use of comic strips in the definition of requirements within a business model. To this end, scenarios were simulated in comic strips to map a business process within a work environment as a result, the use of comic strips had a positive impact, facilitating the

identification of requirements and details in business processes [16].

### B. Socially Conscious Design and IoT

SAwD directly affects the result. Its contributions focus on promoting a better alignment between demand and those involved and providing greater solution longevity.

SAwD is based on the socio-economic and cultural reality of a group of stakeholders and aims to obtain a broader design vision, involving different stakeholders in the requirements elicitation and design process, emphasizing technical requirements and requirements. Informal and formal processes that will favor the construction of a more sustainable system, with lower maintenance costs, fewer requests for changes, and a higher acceptance rate for the final product [17].

In this context, SAwD uses organizational semiotics to discover and model human values, habits, cultures, procedures and rules that involve different types of users of a computer system to link these elements to the technical level of the system [18]. A graphic representation was elaborated by SAwD containing the levels in which it operates, called Onion Semiotics (Fig. 1), presenting the interaction between the informal, formal and technical levels, society and design.

Also, we came across the stakeholder diagram (SD) to map the actors that will be involved and may directly or indirectly impact the [19] project.

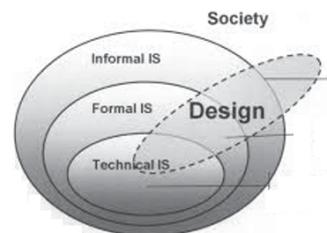


Fig. 1. Semiotic Onion [8]

SAwD proposes participatory and inclusive practices that involve diverse people with different roles, such as developers, designers, sponsors, end-users, or other stakeholders who will be identified appropriately to propose technology solutions [19].

In this scenario, the study [10] highlights the use of SAwD in the early stages of the project to solve the requirements design problem during software development for IoT. In addition, it points out that SAwD activities promote discussions that impact socioeconomic aspects and their implications for people's daily lives.

Other studies, such as [20] and [21], highlight the use of SAwD to support IoT system activities, such as requirements elicitation, construction of real-time interaction scenarios. They reinforce that SAwD helps understand the problem and generate efficiency in the development process of IoT systems.

### III. METHOD

Given the objective presented, the Socially Conscious Design and its artifacts were applied to support the feasibility study of the proposal and the definition of requirements for IoT systems. SAwD presented the concepts and methods that allowed the communication of interactions between stakeholders and the identification of stakeholders in the project.

The period for the design and prototyping of the requirements aims to insert the SAwD artifacts within an estimated period of 3 hours of the execution of the workshop. For the feasibility study, we developed a framework based on [18] to assist in the requirements design process and indicate its applicability.

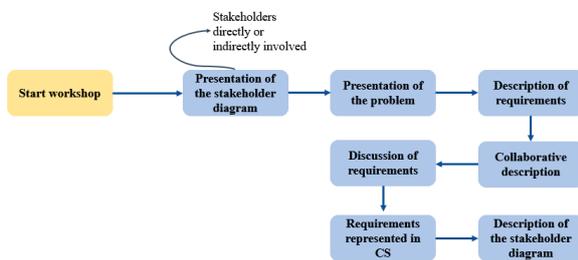


Fig. 2. Work Structure [18]

The development of socially conscious design application was divided into steps to understand the problem. Such a structure (Fig. 2) presents 7 activities: contextualization of the stakeholder diagram, directly or indirectly involved [18]; presentation of the problem that must be solved; followed by the description of the requirements by those involved; the definition of requirements, in a collaborative way; adjustments to the proposed requirements; the discussion of requirements, to generate notes that were not identified in previous activities or improvements; the representation of requirements in a visual form using the comic strip and the identification of stakeholders.

#### A. Workshop - Planning

The purpose of the workshop is to start the process of defining requirements for IoT systems from the knowledge of the concepts, SAwD techniques, and identification of the stakeholder diagram the following are the workshop artifacts:

- Problem characterization to elicit requirements for IoT systems.
- Contextualization of the stakeholder diagram.
- Description of IoT systems requirements.
- Development of a prototype in comic strips.
- Stakeholder identification diagram.
- Evaluation and dissemination of the proposal.

To run the workshop, we selected four participants, a representative of the software development sector, a professor of computing, and two academics of Software Engineering.

#### B. Workshop - Execution

The workshop took place on February 20, 2022, lasting 2 hours and 5 minutes, in a University classroom.

In the beginning, a presentation was made on the conceptual bases that underlie the practices for conducting the workshop, such as SAwD, SD identification, requirements for IoT systems, and visual description of the requirements through the comics strips. This initial stage lasted 20 minutes.

After contextualizing, we present the proposal for an IoT system, a parking lot with intelligent elements of the University, an environment known to all participants. In this step, each participant described a requirement according to their understanding of the problem. At each stage, the results and improvement of the requirements described by each participant were presented. The criteria described in the participants are shown in Figure 3, available in <sup>1</sup>.

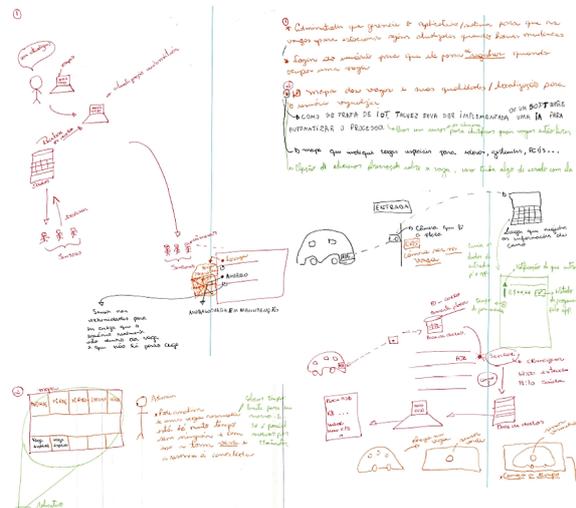


Fig. 3. Requirements described in the workshop

In Figure 3, we identified four requirements: registering vehicle license plates in a mobile application, thus allowing vehicles to enter and exit through the validation of registered plates; the presence of sensors in each parking space; the possibility for the user to choose an area before arriving at the parking lot; identify the number of parking spaces close to trees and check the flow of cars. Such requirements were improved during the collaborative discussions.

With the participants having a clearer view of the IoT requirements for parking, it was proposed to use comic strips to visualize and narrate the described requirements. For the development of comic strips, we use the online tool Storyboardthat <sup>2</sup>, which allows the creation of comics strips, has a library of characters, scenarios, objects, which can be adapted according to each project.

<sup>1</sup><https://drive.google.com/drive/folders/1yK11rAfNvqtE7nNiMx7Zi-f8z6j2G9C6?usp=sharing>

<sup>2</sup><https://www.storyboardthat.com/pt/>

The participants selected only one requirement, due to the execution time of the workshop, to be presented in comic strips, the requirement: the possibility for the user to choose a space before arriving at the parking lot.

After finishing the construction of the requirement in comic strips, the participants consolidated and evaluated the results, so we made the acknowledgments and closed the workshop.

IV. RESULTS AND DISCUSSION

The workshop resulted in three artifacts: description of requirements for IoT systems; development of a prototype in comic strips and; stakeholder diagram identification;

The description of requirements for IoT systems of a parking lot can be identified in Figure 3. Participants described requirements that they consider necessary for an IoT parking lot, highlighting the improvements carried out collaboratively.

The requirement to register vehicle license plates in a mobile application, thus allowing vehicles to enter and exit through the validation of registered plates, underwent adjustments: registration of plates is carried out autonomously by the system, and vehicle entry is made with a user identification tag.

The requirement for presence sensors in each parking space was maintained, adding colors to the free and occupied space. The user's requirement to choose a parking space before arriving at the parking lot has been adjusted, allowing the user to have the parking application installed on their cell phone and then view and reserve the desired space. And the requirement to identify the number of spaces near the trees and to check the flow of cars, was maintained without changes by the participants.

With the improvements made collaboratively, it was possible to build the requirement proposal. For this, the requirement: is the possibility for the user to view, choose and reserve a space, in the parking application, before arriving at the parking lot. So the Storyboardthat tool was the support tool for this comic strips construction.

Figures 4, 5, 6, 7, 8, 9, and 10 present the comic strips of the selected requirement. comic strips presentation can also be found in the shared folder <sup>3</sup>.

Figures 4 and 5 present an overview of the IoT parking lot of a University, the connection networks, transmission, communication, and sensors, in addition to showing a character named Danny, specifying his destination and the need for a parking space.

Figure 6 presents the narrative of the search for a parking space. It is necessary to open the application on the cell phone and view the parking lot and its available and unavailable spaces, as illustrated in Figure 7. Figures 8 and 9 report the process of booking a parking space and demonstrating its location.

Finally, Figure 10 illustrates the character's path to the previously selected spot.



Fig. 4. Comic Strips 1

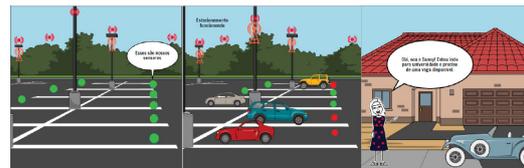


Fig. 5. Comic Strips 12



Fig. 6. Comic Strips 3



Fig. 7. Comic Strips 4



Fig. 8. Comic Strips 5



Fig. 9. Comic Strips 6

<sup>3</sup>encurtador.com.br/eCJSW

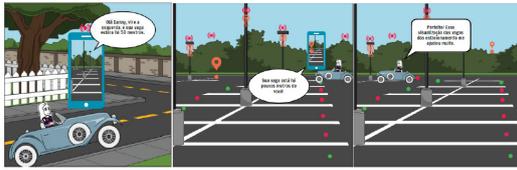


Fig. 10. Comic Strips 7

After completing this step, we can observe that the participants understood the understanding of the concepts and characteristics of IoT systems.

With a frame-by-frame reading (Figs. 4 to 10), there is no complete scenario: the presentation of the virtual parking lot, a character who needs to check availability and reserve a space in the university parking lot, use the application to verify, the choice of the vacancy, and completion of the service.

The SAwD methodology can collaboratively support participants in understanding the problem, identifying the particularities of IoT systems, and defining requirements. In this way, through CS, it is possible to visualize the complete requirement, from a user’s request to completing the desired service.

In this context, the use of comic strips provides the inclusion of the story’s narrative, allowing a better understanding of the details of the system’s characteristics from the user’s perspective.

After the construction of the comic strips, we proceeded to fill in the stakeholder diagram, 17 stakeholders that influenced or could influence the project were identified. Figure 11 presents the stakeholders divided into five categories. It is possible for a stakeholder to belong to more than one category at the same time, for example, the Requirements Engineer belongs to both the operation category and the contribution.

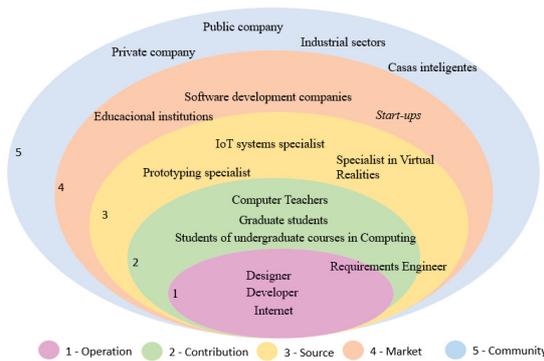


Fig. 11. Stakeholder diagram

The categories can be described in:

- 1) operation: referring to the technical and systemic part.
- 2) contribution: those that directly contribute to the problem. item: those that provide data and/or are a source of information for the problem or its solution, or use them.

- 3) market: market aspects related to the problem.
- 4) community: community representatives who influence and are influenced by the problem in the social context.

Given the number of identified stakeholders, it is possible to notice the dimension that the diagram has in understanding the problem and how the artifacts of the SAwD methodology can impact the definition of requirements.

## V. FINAL CONSIDERATIONS

The IoT represents a challenging context for building systems, demanding new ways of thinking. In this article, we propose and discuss a constructivist approach [10], based on methods and techniques to assist in defining and gathering requirements for IoT systems.

We conducted a feasibility study using a SAwD workshop with professionals, users, and students from the technology area, which inserts the SAwD experience as part of the process of identifying requirements for IoT systems, where the common understanding of those involved is an action that generates positive results; and building a visual model with comic strips.

In this way, from a set of requirements, it was possible to establish a comic strips. The results obtained were positive and promoted communication between stakeholders, generating a contribution focused on the definition of grammar for defining requirements for IoT systems in comic books and, an effective method of interaction.

### A. Future works

Given the results generated, we highlight that new SAwD workshops will be conducted in order to develop visual [22] models, using other models such as UML (Unified Modeling Language) to help define requirements for IoT systems.

For this, an application guide is expected, as exemplified in Figure 12. initially, semi-participatory SAwD workshops must be conducted, involving the stakeholders of the IoT project, in this activity-specific information and requirements are generated, which will be visualized through visual models such as UML and/or comic strips. In addition, we hope that the visualization of IoT system prototypes can happen in virtual environments in real-time, as it can attract stakeholders with countless opportunities to create innovative and unique [22] experiences.

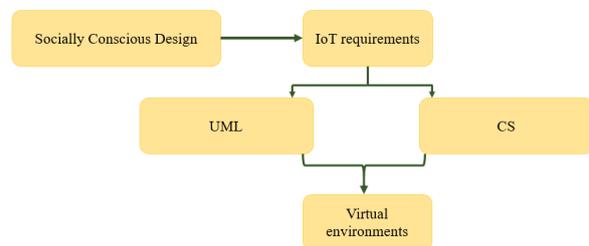


Fig. 12. Application Guide

## REFERENCES

- [1] B. M. Zabadal and B. F. L. M. de Castro, "Iot e seus principais desafios," *Revista Interdisciplinar de Tecnologias e Educação*, vol. 3, no. 1, 2017.
- [2] R. A. G. Battistelle, A. Berretini, A. G. Ferrari, and J. A. G. Junior, "Indústria 4.0 e sustentabilidade: Uma aplicação da internet das coisas (iot) na proteção ambiental," 2021.
- [3] R. Pereira, M. C. Baranauskas, and S. R. da Silva, "Social software and educational technology: Informal, formal and technical values," *Educational Technology & Society*, vol. 16, pp. 4–14, 02 2013.
- [4] D. C. Nguyen, M. Ding, P. N. Pathirana, A. Seneviratne, J. Li, D. Niyato, O. Dobre, and H. V. Poor, "6g internet of things: A comprehensive survey," *IEEE Internet of Things Journal*, 2021.
- [5] A. Fidai, H. Kwon, G. Buettner, R. M. Capraro, M. M. Capraro, C. Jarvis, M. Benzor, and S. Verma, "Internet of things (iot) instructional devices in stem classrooms: Past, present and future directions," in *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, 2019, pp. 1–9.
- [6] T.-Y. Lim, F.-F. Chua, and B. B. Tajuddin, "Elicitation techniques for internet of things applications requirements: A systematic review," in *Proceedings of the 2018 VII International Conference on Network, Communication and Computing*, ser. ICNCC 2018. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2018, p. 182–188. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3301326.3301360>
- [7] M. V. Castro, M. P. Barcellos, R. de A. Falbo, and S. D. Costa, "Using ontologies to aid knowledge sharing in hci design," in *Proceedings of the XX Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, 2021, pp. 1–7.
- [8] M. C. C. Baranauskas, "Social awareness in hci," *Interactions*, vol. 21, no. 4, pp. 66–69, 2014.
- [9] K. Tange, M. De Donno, X. Fafoutis, and N. Dragoni, "A systematic survey of industrial internet of things security: requirements and fog computing opportunities," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 4, pp. 2489–2520, 2020.
- [10] J. V. da Silva, M. C. C. Baranauskas, and R. Pereira, "Hands on, heads in: Building iot scenarios for learning software engineering," in *2021 XLVII Latin American Computing Conference (CLEI)*. IEEE, 2021, pp. 1–10.
- [11] S. Souza Rodrigues, V. Luiz da Silva Genesisio, D. Maria Barroso Paiva, and R. Pontin de Mattos Fortes, "A case study on how brazilian companies deal with the user experience in iot projects," in *Proceedings of the 38th ACM International Conference on Design of Communication*, 2020, pp. 1–7.
- [12] B. Costa, P. F. Pires, and F. C. Delicato, "Specifying functional requirements and qos parameters for iot systems," in *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)*. IEEE, 2017, pp. 407–414.
- [13] G. Reggio, "A uml-based proposal for iot system requirements specification," in *Proceedings of the 10th international workshop on modelling in software engineering*, 2018, pp. 9–16.
- [14] F. Zambonelli, "Key abstractions for iot-oriented software engineering," *IEEE Software*, vol. 34, no. 1, pp. 38–45, 2017.
- [15] X. Larucea, A. Combelles, J. Favaro, and K. Taneja, "Software engineering for the internet of things," *IEEE Software*, vol. 34, no. 1, pp. 24–28, 2017.
- [16] D. M. R. Barros, L. R. Begosso, J. A. Fabri, A. L'Erario, and V. Flor da Rosa, "The use of comic books in the software requirements specification," in *2016 11th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 2016, pp. 1–6.
- [17] J. V. da Silva, R. Pereira, S. B. Buchdid, E. F. Duarte, and M. C. C. Baranauskas, "Sawd - socially aware design: An organizational semiotics-based case tool to support early design activities," in *Socially Aware Organisations and Technologies. Impact and Challenges*, M. C. C. Baranauskas, K. Liu, L. Sun, V. P. d. A. Neris, R. Bonacin, and K. Nakata, Eds. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 59–69.
- [18] B. Ferrari, D. S. Junior, C. M. Oliveira, J. S. Ortiz, and R. Pereira, "Design socialmente consciente de jogos: relato de uma oficina prática para o entendimento do problema e prospecção de ideias," in *Anais do I Workshop sobre Interação e Pesquisa de Usuários no Desenvolvimento de Jogos*. SBC, 2019, pp. 11–20.
- [19] J. V. d. Silva, R. Pereira, S. B. Buchdid, E. F. Duarte, and M. C. C. Baranauskas, "Sawd-socially aware design: an organizational semiotics-based case tool to support early design activities," in *International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations*. Springer, 2016, pp. 59–69.
- [20] J. V. d. Silva, R. Pereira, E. Hayashi, and M. C. C. Baranauskas, "Design practices and the sawd tool: Towards the opendesign concept," in *International Conference on Informatics and Semiotics in Organisations*. Springer, 2018, pp. 208–217.
- [21] J. V. d. Silva, M. C. C. Baranauskas, E. A. Moreira, L. M. Muriana, and A. C. d. Santos, "Reclaiming human space at iot: Contributions of the socially aware design," in *Proceedings of the 18th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, 2019, pp. 1–11.
- [22] S. Alizadehsalehi and I. Yitmen, "Digital twin-based progress monitoring management model through reality capture to extended reality technologies (drx)," *Smart and Sustainable Built Environment*, 2021.

## APÊNDICE E – MATERIAIS DO EXPERIMENTO

### E.1 TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

#### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

Eu, Eduarda Maganha de Almeida – da Universidade Federal do Paraná, estou convidando senhor(a) a participar de um estudo intitulado de “**Estacionamento Inteligente – Um framework**”. O objetivo desta pesquisa é verificar a aplicabilidade do framework para amparar no processo de concepção, modelagem e visualização de requisitos para um sistema de estacionamento inteligente de Internet das Coisas (IoT, do inglês *Internet of Things*).

A sua participação neste estudo é voluntária e, se o(a) senhor(a) não quiser mais fazer parte da pesquisa, poderá desistir a qualquer momento e solicitar o cancelamento da sua participação. Após a coleta dos dados, seu nome será removido e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados. Os dados coletados não serão utilizados em qualquer forma de avaliação profissional ou pessoal. Se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, será feita sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.

Como forma de complementar e auxiliar o melhor entendimento da realidade estudada, este estudo será capturado por meio de fotos, mas de forma anonimizada. Quando os dados forem coletados, seu nome será removido dos mesmos e não será utilizado em nenhum momento durante a análise ou apresentação dos resultados. Os dados coletados não serão utilizados em qualquer forma de avaliação profissional ou pessoal. Se qualquer informação for divulgada em relatório ou publicação, isto será feito sob forma codificada, para que a sua identidade seja preservada e mantida sua confidencialidade.

Houve planejamento para evitar constrangimentos e/ou desconfortos por parte dos participantes, mas caso isso venha a ocorrer, você pode interromper a sua participação a qualquer momento, sem qualquer tipo de prejuízo.

Sou a pesquisadora responsável pela execução deste estudo e posso ser contatada pelo e-mail [duda.maganha@hotmail.com](mailto:duda.maganha@hotmail.com), para esclarecer eventuais dúvidas que o(a) senhor(a) possa ter e fornecer-lhe as informações que queira. As despesas necessárias para a realização da pesquisa não são de sua responsabilidade e o(a) senhor(a) não receberá qualquer valor em dinheiro pela sua participação.

Se você tiver dúvidas sobre seus direitos como participante de pesquisa, você pode contatar também o **Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos (CEP/SD)** do Setor de Ciências da Saúde da Universidade Federal do Paraná, pelo telefone (41) 3360-7259. O Comitê de Ética em Pesquisa é um órgão colegiado multi e transdisciplinar, independente, que existe nas instituições que realizam pesquisa envolvendo seres humanos no Brasil e foi criado com o objetivo de proteger os participantes de pesquisa, em sua integridade e dignidade, e assegurar que as pesquisas sejam desenvolvidas dentro de padrões éticos (Resolução nº 466/12 Conselho Nacional de Saúde).

Nome completo: \_\_\_\_\_

Eu declaro ter conhecimento das informações contidas neste documento e ter recebido respostas claras às minhas questões a propósito da minha participação direta (ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter compreendido o objetivo e a natureza relacionados a este estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, **EU DECIDI:**

- Participar livre e voluntariamente deste estudo.
- Não participar deste estudo.

---

*Assinatura do participante*

## E.2 CENÁRIO DO EXPERIMENTO

### Experimento

#### Estacionamento Inteligente



Desenvolvimento de um estacionamento inteligente chamado de *IoT Parking* de uma universidade.

O estacionamento, possui uma área de 320 m<sup>2</sup>, sendo 100m<sup>2</sup> de área arborizada.

Disponibiliza 30 vagas, onde:

- 6 vagas destinadas a portadores de necessidade especiais e idosos.

A velocidade permitida para tráfego dentro do estacionamento é de 20 km/h, além de faixas de pedestres, que devem ser respeitadas.

O *IoT Parking* IoT pode utilizar qualquer tipo de sensor, atuador para realizar a comunicação.

Você deve resolver alguns problemas já identificados, tais como:

- *Não há visualização do número de vagas disponíveis;*
- *Não há identificação de vagas com sombras;*
- *Não há identificação de vagas reservadas;*
- *Veículos estacionados de maneira incorreta (fora da faixa);*
- *Não é possível reservar vaga;*
- *Não há sinalização luminosa para auxiliar os motoristas a identificar as vagas;*
- *Notificação de veículos que trafegam nas faixas de pedestre;*
- *Não há monitoramento de velocidade no estacionamento (velocidade máxima 20 km/h)*

Figura E.1: Cenário Proposto para o Experimento

### E.3 QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO *FRAMEWORK*

Este questionário tem como objetivo compreender sua experiência durante a aplicação do framework. As informações serão utilizadas exclusivamente para fins acadêmicos. Agradecemos sua participação.

#### **Parte 1 – Dados Básicos (opcional)**

Nome (opcional): \_\_\_\_\_

Curso: \_\_\_\_\_

Já participou de algum projeto com IoT antes?     Sim     Não

#### **Parte 2 – Avaliação por Escala (1 a 5)**

**1 = Discordo totalmente**

**5 = Concordo totalmente**

##### **Seção A – Clareza do Framework**

1. A proposta geral do framework foi clara desde o início.
2. Entendi bem as etapas de concepção, modelagem e visualização.
3. A lógica das atividades foi coerente e facilitou meu entendimento do processo.
4. A aplicação do framework contribuiu para a organização das ideias do grupo.
5. O framework pode ser facilmente reaplicado em outros contextos.

##### **Seção B – Materiais de Apoio**

1. O manual do framework ajudou a compreender e executar as etapas.
2. Os flashcards auxiliaram na reflexão e discussão sobre os requisitos.
3. A biblioteca de ilustrações facilitou a criação das representações visuais.
4. Os materiais de apoio foram bem integrados ao processo como um todo.
5. Senti segurança em seguir as orientações fornecidas pelo material.

##### **Seção C – Experiência com Modelagem**

1. A criação da HQ ajudou a representar o funcionamento do sistema de forma clara.
2. Os diagramas UML facilitaram a estruturação técnica dos requisitos.
3. O uso de elementos de MARTE foi útil para representar aspectos temporais e técnicos.
4. A modelagem me permitiu compreender melhor o comportamento do sistema.
5. A modelagem formal (UML/MARTE) complementou bem a narrativa da HQ.

### **Seção D – Visualização e Percepção Geral**

1. A visualização com CoSpaces facilitou o entendimento do sistema proposto.
2. A atividade de visualização foi interessante e envolvente.
3. A experiência com o framework contribuiu para minha aprendizagem.
4. O framework estimula o pensamento crítico e multidisciplinar.
5. Recomendaria o uso deste framework em outros projetos educacionais ou práticos.

### **Parte 3 – Questões Abertas**

O que mais te chamou a atenção durante a atividade com o framework?

Teve alguma etapa que você achou difícil ou confusa? Por quê?

Como você avalia a experiência de criar uma HQ para representar requisitos?

Em sua opinião, qual foi o papel mais relevante da visualização 3D no processo?

Deixe sugestões para melhorar o framework ou os materiais de apoio.