

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação

Reúso de software voltado ao domínio de sistemas de combate ao *Aedes aegypti* no contexto de Internet das Coisas

Henrique de Araújo Silva

Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional (PPG-CCMC)

SERVIÇO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO ICMC-USP

Data de Depósito:

Assinatura: _____

Henrique de Araújo Silva

Reúso de software voltado ao domínio de sistemas de
combate ao *Aedes aegypti* no contexto de Internet das
Coisas

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciências
Matemáticas e de Computação – ICMC-USP,
como parte dos requisitos para obtenção do título
de Mestre em Ciências – Ciências de Computação e
Matemática Computacional. *VERSÃO REVISADA*

Área de Concentração: Ciências de Computação e
Matemática Computacional

Orientadora: Prof.Dr. Rosana Teresinha
Vaccare Braga

USP – São Carlos
Julho de 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Achille Bassi
e Seção Técnica de Informática, ICMC/USP,
com os dados inseridos pelo(a) autor(a)

d586r de Araújo Silva, Henrique
Reúso de software voltado ao domínio de sistemas de combate ao *Aedes aegypti* no contexto de Internet das Coisas / Henrique de Araújo Silva; orientador Rosana Teresinha Vaccare Braga. -- São Carlos, 2020. 138 p.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática Computacional) -- Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, 2020.

1. Sistemas IoT para combater o *Aedes aegypti*. 2. Tecnologia para combater o *Aedes aegypti*. 3. Sistemas de combate a mosquitos. 4. IoT nos sistemas de Saúde. 5. Internet das Coisas nos sistemas de Saúde. I. Teresinha Vaccare Braga, Rosana, orient. II. Título.

Henrique de Araújo Silva

Software Reuse aimed at the domain of systems to combat
Aedes aegypti in the context of Internet of Things

Master dissertation submitted to the Institute of Mathematics and Computer Sciences – ICMC-USP, in partial fulfillment of the requirements for the degree of the Master Program in Computer Science and Computational Mathematics. *FINAL VERSION*

Concentration Area: Computer Science and Computational Mathematics

Advisor: Prof.Dr. Rosana Teresinha Vaccare Braga

USP – São Carlos
July 2020

Este trabalho é dedicado a todas as pessoas que são apaixonadas pela área de Tecnologia na Saúde.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos meus pais (Paulo Henrique e Célia) por terem me dado todas as condições para que eu pudesse iniciar e finalizar esta jornada de pós-graduação. Agradeço também especialmente à professora Rosana Teresinha Vaccare Braga, por ter aceitado me orientar neste trabalho e mais ainda por ter paciência comigo. Agradeço também a todas as pessoas que me apoiaram nesse caminho e desejaram meu bem. Agradeço também ao governo brasileiro, pois o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

“Veni, vidi, vici”
(Júlio César)

RESUMO

SILVA, H. A. **Reúso de software voltado ao domínio de sistemas de combate ao *Aedes aegypti* no contexto de Internet das Coisas**. 2020. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2020.

Os Países em desenvolvimento, como o Brasil, principalmente, são afetados por doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti*, entre as quais destacam-se a Dengue, Zika e Chikungunya. Essas doenças podem levar à morte e, de acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), é preciso tomar precauções para controlá-las. Os sistemas que usam tecnologias baseadas em Internet das Coisas (IoT, do acrônimo “Internet of Things”) estão começando a ser usados na luta contra esse mosquito, pois o uso dessa tecnologia pode detectar condições favoráveis à proliferação do mosquito e alertas podem ser gerados para que entidades públicas de Saúde tomem as medidas cabíveis para combater o mosquito. No entanto, muito mais do que isso precisa ser feito. Por se tratar de uma área de pesquisa e desenvolvimento ainda nova, a IoT possui poucos estudos publicados a respeito de seu uso no combate ao *Aedes aegypti*, e esse assunto já se mostrou relevante na literatura. Portanto, os objetivos deste estudo são três: primeiro, selecionar, organizar, e investigar os desafios do uso de aplicações baseados em Internet das Coisas (IoT) para combater mosquitos, identificando possíveis lacunas para pesquisas futuras; segundo, extrair informações úteis para a possível construção de sistemas de combate ao mosquito *Aedes aegypti*; e terceiro, construir um protótipo de framework caixa branca (ComGypti, do acrônimo “Combat to *Aedes aegypti*”) que abstraia funcionalidades primordiais dos modelos gerados nas duas etapas anteriores. Foi realizado um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) para identificar lacunas nas metodologias existentes que usam a IoT para construir sistemas de combate a mosquitos. Os resultados desse mapeamento, juntamente com entrevistas com especialistas em Saúde no contexto das agências de saúde brasileiras, possibilitaram a realização de uma análise de domínio que é apresentada aqui por meio de modelos abstratos de requisitos funcionais, e com base neles foi construído o ComGypti. Os modelos fornecidos nesta dissertação podem ser reutilizados durante a engenharia de requisitos de sistemas de combate ao *Aedes aegypti*, bem como o ComGypti, assim facilitando e tornando mais eficiente o desenvolvimento desses sistemas.

Palavras-chave: Sistemas IoT para combater o *Aedes aegypti*, tecnologia para combater o *Aedes aegypti*, sistemas de combate a mosquitos, IoT nos sistemas de Saúde, Internet das Coisas nos sistemas de Saúde.

ABSTRACT

SILVA, H. A. **Software Reuse aimed at the domain of systems to combat *Aedes aegypti* in the context of Internet of Things**. 2020. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos – SP, 2020.

Developing countries such as Brazil are especially affected by diseases transmitted by the *Aedes aegypti* mosquito, including Dengue, Zika and Chikungunya. These serious diseases can lead to death and, according to the World Health Organization (WHO), precautions must be taken to control them. Systems using Internet of Things (IoT) technologies are beginning to be used to combat this mosquito, since the use of this technology can detect climatic or other environment conditions, and alerts can be generated so that public health entities take the appropriate measures to fight the mosquito. However, much more than that needs to be done. As a new research and development area, IoT has few published studies on its use in combating *Aedes aegypti*, and this subject has already proved relevant in the literature. Therefore, the goals of this study are three: first, to select, organize, and investigate the challenges of using IoT-based applications to combat mosquitoes, identifying possible gaps for future research; second, extract useful information for the possible construction of *Aedes aegypti* combat systems; and third, to build a prototype of a white box framework (ComGypti, from the acronym “Combat to *Aedes aegypti*”) that abstracts key functionalities of the models generated in the previous two steps. A Systematic Literature Mapping (SLM) was performed to identify gaps in existing methodologies that use IoT to build mosquito control systems. The results of this mapping, together with interviews with health specialists in the context of Brazilian health agencies, made it possible to perform a domain analysis that is presented here through abstract models of functional requirements, and part of them was used as basis to build ComGypti. The models provided in this document can be reused during *Aedes aegypti* combat systems requirements engineering, as well as ComGypti, thus facilitating and making the development of these systems easier.

Keywords: IoT systems to combat *Aedes aegypti*, technology to combat *Aedes aegypti*, systems to combat mosquitoes, IoT in health systems, Internet of Things in health systems.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplos de cenários em que a IoT pode estar inserida	33
Figura 2 – Domínios de aplicações e principais cenários relevantes.	33
Figura 3 – Protocolos de comunicação suportados pelos frameworks e plataformas estudados	39
Figura 4 – Membros e apoiadores das organizações de frameworks	40
Figura 5 – Relação entre padrões na linguagem de padrões Evolving Frameworks	41
Figura 6 – Visão Simplificada da SOA	42
Figura 7 – Mecanismo de Registro e Descoberta de Serviços	43
Figura 8 – Etapas da Seleção de Estudos	48
Figura 9 – Estudos distribuídos por anos	49
Figura 10 – Estudos distribuídos por países	50
Figura 11 – Estudos de acordo com o tipo de doença (ou mosquito)	51
Figura 12 – Estudos de acordo com a motivação	51
Figura 13 – Estudos em relação ao tipo de contribuição	52
Figura 14 – Estudos de acordo com as instituições envolvidas no uso de recursos de Saúde	54
Figura 15 – Processo de Análise de Domínio	60
Figura 16 – Cenário do combate ao <i>Aedes aegypti</i> de acordo com a entrevista	62
Figura 17 – Modelo Conceitual do cenário do combate ao <i>Aedes aegypti</i> de acordo com a entrevista	63
Figura 18 – Arquitetura do sistema de Andrade <i>et al.</i> (2016)	64
Figura 19 – Diagrama de caso de uso baseado no estudo de Andrade e outros (ANDRADE <i>et al.</i> , 2016)	65
Figura 20 – Modelo conceitual baseado no estudo de Andrade <i>et al.</i> (2016)	65
Figura 21 – Arquitetura do sistema de Sareen, Sood e Gupta (2017)	66
Figura 22 – Diagrama de caso de uso baseado no estudo de Matthews <i>et al.</i> (2012)	67
Figura 23 – Modelo conceitual baseado no estudo de Matthews <i>et al.</i> (2012)	67
Figura 24 – Mecanismo de Registro e Descoberta de Serviços	68
Figura 25 – Diagrama de casos de uso baseado no estudo de Sareen, Sood e Gupta (2017)	68
Figura 26 – Modelo conceitual baseado no estudo de Sareen, Sood e Gupta (2017)	69
Figura 27 – Exemplo de cenário de leitura de dados	69
Figura 28 – Diagrama de Casos de Uso para o Consult Focus	72
Figura 29 – Diagrama de Casos de Uso para o Measures Focus	72
Figura 30 – Diagrama de Casos de Uso para o Patient Disease Focus	72

Figura 31 – Diagrama de Casos de Uso para o Sensor Focus	73
Figura 32 – Modelo conceitual com base nos quatro Focos	75
Figura 33 – API + Web Service	80
Figura 34 – Processo de criação do ComGypti	81
Figura 35 – Bancos de dados do ComGypti	82
Figura 36 – Tabela Mapeada pelo ComGypti para CentralDB	88
Figura 37 – Tabela Mapeada pelo ComGypti para o ControlCenterDB	88
Figura 38 – Tabela Mapeada pelo ComGypti para o HealthEntityDB	88
Figura 39 – Configuração local dos Bancos de Dados	89
Figura 40 – Modelos que são criados após a instanciação do ComGypti	89
Figura 41 – Comunicação entre sensores cadastrados e ComGypti — Postman (Parte 01)	91
Figura 42 – Comunicação entre sensores cadastrados e ComGypti — Postman (Parte 02)	91
Figura 43 – Comunicação entre sensores cadastrados e ComGypti — Postman (Parte 03)	92

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Termos a serem buscados	46
Quadro 2 – Resumo das características dos estudos selecionados	55
Quadro 3 – Escala de medição das métricas	77
Quadro 4 – GQM	93
Quadro 5 – Objetivo de Avaliação 1	93
Quadro 6 – Objetivo de Avaliação 2	94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Motores Seleccionados	47
Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão	47
Tabela 3 – Equivalência de casos de uso para <i>design</i> do cenário geral	70

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	Contextualização e Motivação	25
1.2	Justificativa	26
1.3	Problema	27
1.4	Objetivo e Metodologia	27
1.5	Organização do Trabalho	28
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	29
2.1	Considerações Iniciais	29
2.2	Internet das Coisas	29
2.2.1	<i>Tecnologias IoT essenciais</i>	30
2.2.2	<i>Exemplos de utilização de aplicações IoT</i>	32
2.3	Reúso de Software	34
2.4	Frameworks	35
2.4.1	<i>Tipos de Frameworks</i>	37
2.4.2	<i>Onde são utilizados</i>	37
2.4.3	<i>Como são usados</i>	37
2.4.3.1	<i>Framework caixa branca</i>	38
2.4.3.2	<i>Framework caixa preta</i>	38
2.4.3.3	<i>Framework caixa cinza</i>	38
2.4.4	<i>Frameworks Comerciais para IoT</i>	39
2.4.5	<i>Abordagem Evolving Frameworks</i>	40
2.5	Arquitetura Orientada a Serviços	42
2.6	Considerações finais	43
3	UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO SOBRE USO DE IOT NO COMBATE A DENGUE	45
3.1	Considerações iniciais	45
3.2	Planejamento	45
3.2.1	<i>Bases de dados e critérios de inclusão/exclusão</i>	46
3.2.2	<i>Condução</i>	47
3.3	Resultados e Análise	48
3.3.1	<i>Ano</i>	48

3.3.2	<i>País</i>	49
3.3.3	<i>Tipo de doença e Motivação</i>	49
3.3.4	<i>Tipo de contribuição</i>	52
3.3.5	<i>Instituições Envolvidas</i>	53
3.3.6	<i>Visão geral dos Estudos</i>	54
3.4	<i>Ameaças à Validade</i>	56
3.5	<i>Considerações Finais</i>	57
4	ANÁLISE DE DOMÍNIO PARA APLICAÇÕES DE COMBATE A DENGUE USANDO IOT	59
4.1	<i>Considerações Iniciais</i>	59
4.2	<i>Requisitos para sistemas de combate ao <i>Aedes aegypti</i></i>	59
4.2.1	<i>Entrevista com um profissional de Saúde</i>	60
4.2.2	<i>Modelando três exemplos</i>	63
4.2.3	<i>Abstração em um modelo geral e elicitação de requisitos</i>	69
4.2.4	<i>Avaliação e Análise de Resultados</i>	76
4.3	<i>Considerações Finais</i>	78
5	PROTÓTIPO DO COMGYPTI FRAMEWORK	79
5.1	<i>Considerações iniciais</i>	79
5.2	<i>Etapas e Arquitetura do Protótipo</i>	79
5.3	<i>Casos de uso e serviços implementados no ComGypti</i>	82
5.3.1	<i>[Frozenspot] Consult Data History (Listing 2)</i>	83
5.3.2	<i>[Hotspot] Search Problem Areas (Listing 3)</i>	84
5.3.3	<i>[Hotspot] Post News (Listing 4)</i>	84
5.3.4	<i>[Frozenspot] Take Measures (Listing 5)</i>	85
5.3.5	<i>[Hotspot] Notify Infected Patient (Listing 6)</i>	85
5.3.6	<i>[Hotspot] Evaluate Mosquito Density (Listing 7)</i>	85
5.3.7	<i>[Hotspot] Check the air humidity (Listing 8)</i>	86
5.3.8	<i>[Hotspot] Check still water (Listing 9)</i>	86
5.3.9	<i>[Frozenspot] Report Diagnosis (Listing 10)</i>	86
5.4	<i>Um exemplo de Instanciação</i>	86
5.5	<i>Avaliação do Protótipo</i>	92
5.5.1	<i>Planejamento e Definição da Avaliação</i>	93
5.5.2	<i>Resultados e Análise</i>	95
5.6	<i>Considerações Finais</i>	97
6	CONCLUSÃO	99
6.1	<i>Visão Geral da Pesquisa e Contribuições</i>	99
6.2	<i>Limitações</i>	100

6.3	Trabalhos Futuros	100
	REFERÊNCIAS	103
APÊNDICE A	QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE REQUISITOS COM ESPECIALISTA	109
APÊNDICE B	OBJETOS JSON DOS CASOS DE USO	135

INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e Motivação

O aumento de casos de dengue, seguido pelo aparecimento de surtos de casos de zika e chikungunya no Brasil é preocupante (NUNES; PIMENTA, 2016). Essas doenças têm em comum o mosquito *Aedes aegypti* como transmissor. Este mosquito específico já está adaptado às condições urbanas, e sua resistência aos inseticidas tornou as atividades de controle atuais ineficazes (SALIM *et al.*, 2017). Seu combate só é possível com um esforço conjunto entre governos e cidadãos (SILVA; SCOPEL *et al.*, 2008).

A dengue é a doença viral mais importante transmitida por mosquito em termos de morbidade e impacto econômico (GUBLER; DUANE, 2012). Apesar de existirem outras doenças disseminadas pelo *Aedes aegypti*, pode-se considerar a dengue como um bom exemplo para explicar a gravidade da situação. Uma estimativa indica que há mais de 390 milhões de infecções por dengue por ano, das quais 96 milhões se manifestam clinicamente (BHATT *et al.*, 2013). Além dos custos econômicos e de Saúde Pública, há um grande impacto social nos países onde ocorrem esses grandes surtos (GUBLER; J, 2002). Dado o crescimento urbano e a falta de uma vigilância adequada para combater a dengue nos países tropicais em desenvolvimento nos últimos 50 anos, é provável que até mesmo esses números ainda aumentem (ORGANIZATION *et al.*, 2019).

As estatísticas do boletim epidemiológico do Ministério da Saúde, divulgado em setembro de 2019, mostram um aumento de 599,5 % no número de casos suspeitos de dengue em 2019 em comparação com o mesmo período do ano anterior. Durante as 34 semanas entre 30 de dezembro de 2018 e 24 de agosto de 2019, foram notificados 1.439.471 casos de dengue, em comparação com 205.791 infecções relatadas no mesmo período do ano anterior. No Brasil, a incidência média de dengue é de 690,4 casos por 100.000 pessoas. A média foi de 98,7 em 2018¹.

¹ <<https://portalarquivos2.saude.gov.br/images/pdf/2019/setembro/11/BE-arbovirose-22.pdf>>

Para padronizar os procedimentos de prevenção e controle do mosquito, no Brasil, um guia está disponível para entidades de saúde pública e cidadãos². Ações como visitar casas para limpar lixo ou qualquer item que contenha água, controlar a criação de mosquitos e a nebulização de inseticidas são realizadas periodicamente.

Há um interesse crescente no uso de novas tecnologias na Saúde. Essa preocupação trouxe adaptações de novas tecnologias para apoio à Saúde e já foram criadas diversas ferramentas de apoio computacional em diversas subáreas da saúde (BENITO; LICHESKI, 2009), como as que calculam risco de diabetes, índice de massa corporal, etc.

Quando se trata de doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*, um aspecto crucial é a prevenção da reprodução dos mosquitos, ou seja, encontrar formas de evitar que eles ponham ovos. De fato, esta é uma ação útil, já que um dos métodos de prevenção mais eficientes é identificar e eliminar ambientes que acumulem água, pois são apropriados para a reprodução desses mosquitos.

Em termos de condições meteorológicas, as aplicações baseadas em *Internet of Things* (IoT), em português “Internet das Coisas” (XIA *et al.*, 2012), trabalham com sensores e podem ser muito úteis nesse sentido, pois possuem a capacidade de coletar informações sobre umidade, quantidade de água em um local, temperatura, detecção de movimento, entre outras informações que colaboram para combater esses mosquitos.

1.2 Justificativa

O advento do paradigma da IoT trouxe comunicação facilitada de vários tipos de objetos de forma integrada, sejam eles *smartphones*, geladeiras, ou até mesmo relógios, assim aumentando a presença da Internet, o que leva a elaboração de uma rede altamente distribuída de dispositivos que se comunicam com seres humanos e com outros dispositivos (XIA *et al.*, 2012). Um exemplo de IoT são as casas inteligentes (*smart homes*), nas quais pode-se instalar sensores que reconhecem gestos e sons, por exemplo, um simples bater de palmas pode ligar as luzes de um cômodo de uma dessas casas.

Com o rápido avanço nas tecnologias subjacentes, a IoT está abrindo oportunidades para um grande número de novas aplicações que prometem melhorar a qualidade de vida das pessoas (ALBERTIN; ALBERTIN, 2017). Assim, nos últimos anos, a IoT ganhou atenção de pesquisadores e profissionais de todo o mundo, sendo um paradigma interessante a ser explorado (ALBERTIN; ALBERTIN, 2017).

Por trabalhar com um grande volume de informações e sensores, a IoT pode ser uma grande aliada no combate ao *Aedes aegypti* (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017; RANI; AHMED;

² Diretrizes Nacionais para Prevenção e Controle de Epidemia de Dengue (em português) - Disponível em <http://bvsm.s.saude.gov.br/bvs/publicacoes/diretrizes_nacionais_prevencao_controle_dengue.pdf>

SHAH, 2018; MATTHEWS *et al.*, 2012). Uma diversidade de aplicações IoT foram surgindo ao longo dos anos, e essas aplicações possuem diversas funcionalidades semelhantes, ligadas às mesmas tecnologias. As técnicas de reúso de software começaram a ganhar espaço na IoT para domínios específicos (DERHAMY *et al.*, 2015; KRANENBURG; BASSI, 2012), tendo em vista a grande diversidade de tipos de objetos que podem ser interconectados e suas diferentes infraestruturas. Desta forma, é evidente que as aplicações IoT carecem de uma boa arquitetura e de padrões (KRANENBURG; BASSI, 2012). Um padrão é essencial para permitir que todos os componentes possam acessar e utilizar recursos. Ele provê normas para o desenvolvimento eficiente de Infraestruturas das aplicações IoT, **serviços** e dispositivos, e ainda **manipulação** e **transmissão** de dados (CHEN *et al.*, 2014; MIORANDI *et al.*, 2012).

1.3 Problema

Tecnologias associadas à IoT incluem o *Global Positioning System* (GPS), em português “Sistema de Posicionamento Global”, (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017; RANI; AHMED; SHAH, 2018) e Sensores de movimento (SALIM *et al.*, 2017; SOUZA, 2016; AMARASINGHE *et al.*, 2017). Eles possuem um foco especial no uso aliado com *smartphones* (MATTHEWS *et al.*, 2012), os quais também são considerados como tecnologias IoT fundamentais no nível de interface de usuário.

No entanto, quando investigadas possíveis aplicações IoT no combate ao *Aedes aegypti*, nota-se que os autores dessas aplicações não descreveram nenhuma forma de reúso de software evidente. Nenhum framework³ comercial, nem mesmo os de infraestrutura como os apresentados no estudo de Derhamy *et al.* (2015) foi sequer citado. Isso indica que em certos casos, esses frameworks não dão um suporte satisfatório ou simplesmente são esquecidos.

No nível de frameworks na camada de domínio, um dos possíveis motivos é a falta de abordagens de reúso para aplicações IoT no contexto de combate ao *Aedes aegypti*. Isso possivelmente explica o porquê desses autores não terem descrito formas de reúso em seus estudos. Aplicações IoT como as selecionadas no mapeamento sistemático apresentado no Capítulo 3 têm sido desenvolvidas para fins específicos. Isso indica que elas foram desenvolvidas com um baixo nível de reúso, especialmente na camada de aplicação, o que implica em um custo de produção relativamente alto (referente ao esforço).

1.4 Objetivo e Metodologia

O objetivo geral deste trabalho é fornecer artefatos para práticas de reúso de software no contexto específico de sistemas que utilizam IoT para combate ao mosquito *Aedes aegypti*. Para

³ abstração que une códigos comuns, podendo prover assim uma funcionalidade genérica

alcançar esse objetivo, é proposto um conjunto de artefatos que visa auxiliar setores de *Tecnologia da Informação* (TI), principalmente de entidades públicas e privadas (como prefeituras e órgãos de Saúde) no foco de Engenharia de requisitos para software no subdomínio de sistemas de combate ao *Aedes aegypti*. O reúso desses artefatos leva à economia de tempo e dinheiro, beneficiando, mesmo que indiretamente, a população em geral. Esse objetivo geral pode ser decomposto em objetivos específicos e respectivas metodologias para atingí-los, conforme segue.

- **Objetivo Específico 01** — Selecionar e organizar dificuldades de uso de aplicações IoT para combater o mosquito *Aedes aegypti*, fazendo uma coleta de informações em estudos publicados na literatura. Especificamente, o objetivo é identificar o estado atual da arte e encontrar possíveis deficiências para pesquisas futuras, por meio da realização de um MSL (Mapeamento Sistemático da Literatura), de acordo com o passo a passo estabelecido por [Petersen et al. \(2008\)](#);
- **Objetivo Específico 02** — Extrair os requisitos e modelos de análise para sistemas desse domínio, analisando esses requisitos de forma incremental, que poderão ser utilizados em futuras implementações de aplicações para combater o *Aedes aegypti*, usando tecnologias de IoT.
- **Objetivo Específico 03** — Construir um protótipo de framework de domínio específico para apoiar o reúso em sistemas de combate a *Aedes aegypti*, com base nos artefatos resultantes (especificação de requisitos) da análise de domínio apresentada neste trabalho. Isso, por meio da abordagem *Evolving Frameworks* de [Roberts, Johnson et al. \(1996\)](#).

1.5 Organização do Trabalho

No [Capítulo 1](#) foi apresentada a perspectiva geral deste trabalho. No [Capítulo 2](#), são apresentados os conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho proposto, apresentando os fundamentos de IoT, Reúso de Software, Frameworks e outros conceitos importantes relacionados ao presente estudo. No [Capítulo 3](#), é apresentado o MSL conduzido para identificar as formas com que tecnologias IoT são aplicadas no combate ao *Aedes aegypti*. No [Capítulo 4](#), apresenta-se a principal contribuição deste trabalho, que é uma análise de domínio para sistemas de combate a doenças causadas por mosquitos como *Aedes aegypti*. Uma avaliação dos modelos resultantes da análise de domínio também é apresentada. No [Capítulo 5](#), apresenta-se um protótipo de framework para esse domínio, denominado ComGypti. Por fim, no [Capítulo 6](#), são apresentadas as considerações finais desta pesquisa, bem como os trabalhos futuros.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações Iniciais

Neste Capítulo, são apresentados os conceitos necessários para o desenvolvimento do trabalho proposto. Na [Seção 2.2](#) são apresentados os conceitos referentes à IoT. Na [Seção 2.3](#) são apresentados os conceitos em relação à Reúso de Software. Na [Seção 2.4](#) são descritos os conceitos e características de frameworks, bem como de frameworks para IoT. Na [Seção 2.5](#) é apresentado o funcionamento de uma arquitetura orientada a serviços.

2.2 Internet das Coisas

Pode-se definir a Internet das Coisas (IoT, do inglês ‘Internet of Things’) como: uma rede de objetos físicos interconectados que interagem entre si ([ATZORI; IERA; MORABITO, 2010](#); [LEE; LEE, 2015](#)). Neste contexto, a IoT é um paradigma que contribuiu para que a Internet não fosse apenas uma rede de computadores, mas tenha evoluído para uma rede de dispositivos interconectados ([KRANENBURG; BASSI, 2012](#); [LEE; LEE, 2015](#)) de todos os tipos e tamanhos, como veículos, *smartphones*, eletrodomésticos, brinquedos, câmeras, instrumentos médicos e sistemas industriais, pessoas, edifícios, todos conectados, comunicando e compartilhando informações com base em protocolos estipulados para obter reorganizações, posicionamento, rastreamento, segurança e controle, e até mesmo monitoramento online em tempo real, atualização online, administração e controle de processos ([VERMESAN; FRIESS, 2013](#); [VERMESAN; FRIESS et al., 2014](#)).

A integração de várias tecnologias e soluções de comunicação é o principal fator desse promissor paradigma ([VERMESAN; FRIESS et al., 2014](#)). Os mais relevantes são identificação e rastreamento de tecnologia, redes de sensores e atuadores com e sem fio, protocolos de

comunicação aprimorados (compartilhados com a Internet de última geração) (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Para Lee e Lee (2015), a IoT surge como um novo paradigma tecnológico para uma rede global de dispositivos e máquinas capazes de interagir entre si. Reconhecida como uma das áreas mais importantes da tecnologia que será utilizada no futuro, a IoT está chamando cada vez mais a atenção de indústrias de diversos segmentos (ZHANG; YU; ZHAI, 2011). As empresas percebem o verdadeiro valor da IoT quando os dispositivos conectados conseguem comunicar-se entre si, integrando-se a subsistemas de estoque que são gerenciados por fornecedores, aplicação de *business intelligence*, sistema de suporte ao cliente e análise de negócios (LEE; LEE, 2015).

A adoção dessa tecnologia está ganhando impulso na medida em que o crescimento de necessidades tecnológicas competitivas impulsionam a inovação e a transformação nas empresas. Enquanto a IoT avança e um grande número (que tende a crescer cada vez mais) de empresas adotam novas tecnologias, torna-se um grande interesse a análise custo-benefício da IoT (LEE; LEE, 2015). É necessário que as empresas avaliem cuidadosamente as oportunidades e desafios da implantação da IoT para garantir que seus recursos sejam gastos criteriosamente, uma vez que investimentos dessa natureza geram altos custos (LEE; LEE, 2015; ALI; ALI; BADAWY, 2015).

De acordo com Ali, Ali e Badawy (2015), a formação de um ambiente integrado de dispositivos, no qual a IoT se insere, é uma maneira de garantir a existência de um nível de comunicação de elementos dentro de uma rede. A IoT dá suporte a um conjunto de recursos úteis, como interoperabilidade, autoconfiguração, auto-adaptação e autoproteção.

Resumidamente, uma definição simples e ampla da IoT (ZHANG; YU; ZHAI, 2011; YUN; YUXIN, 2010) e a ideia básica deste conceito é a presença generalizada de uma variedade de coisas ou objetos ao nosso redor - como *tags*, sensores, atuadores (componentes críticos de hardware de soluções IoT), telefones celulares, etc. que são capazes de interagir uns com os outros e cooperar com seus vizinhos para alcançar objetivos comuns por meio de esquemas de endereçamento (COMPTON *et al.*, 2009).

2.2.1 Tecnologias IoT essenciais

De acordo com a literatura, quando se trata de IoT, cinco tecnologias são amplamente usadas para a implantação de produtos e serviços baseados em IoT bem-sucedidos (LEE; LEE, 2015; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010; AL-FUQAHA *et al.*, 2015): RFID (*Radio-Frequency IDentification*), em português “Identificação por Radiofrequência”; *wireless sensors networks* (WSN), em português “redes de sensores sem fio”; *middleware*; computação em nuvem; e aplicação baseada em Internet das Coisas (aplicação IoT).

A Identificação por Radiofrequência (RFID) é feita por meio de uma *tag* e um leitor, o que permite a captura de dados e identificação automática por meio de ondas de rádio (AL-

FUQAHA *et al.*, 2015; LEE; LEE, 2015). A *tag* pode armazenar mais dados que os códigos de barras tradicionais e contém dados na forma de EPC (*Electronic Product Code*), em português “Código Eletrônico do Produto” (BHUARTANI; MORADPOUR, 2005; LEE; LEE, 2015; FINKENZELLER, 2010).

Passaportes, sistema de pedágios eletrônicos, dentre outros, são exemplos de utilização de RFID. As etiquetas RFID têm seu próprio fornecimento de bateria. As *tags* ativas podem conter sensores externos para monitorar temperatura, pressão, produtos químicos e outras condições (FINKENZELLER, 2010; LEE; LEE, 2015).

As Rede de sensores sem fio (WSNs) são compostas por dispositivos equipados com sensores autônomos distribuídos em um espaço físico, com o objetivo de monitorar condições físicas e/ou ambientais. Elas podem cooperar com sistemas RFID para melhor rastrear condições, como localização, temperatura e movimentos (RAGHAVENDRA; SIVALINGAM; ZNATI, 2006). Recentes avanços tecnológicos em circuitos integrados de baixa potência e comunicações sem fio disponibilizaram dispositivos em miniatura eficientes, de baixo custo e baixo consumo para uso em aplicações WSN. (RAGHAVENDRA; SIVALINGAM; ZNATI, 2006; LEE; LEE, 2015).

A WSN foi usada principalmente na logística da cadeia de frio usando embalagens térmicas e refrigeradas para transportar produtos sensíveis a temperatura. A WSN também é bem utilizada para manutenção e sistemas de rastreamento (LEE; LEE, 2015; RAGHAVENDRA; SIVALINGAM; ZNATI, 2006).

O *middleware* é uma camada de software que se encontra entre o sistema operacional e as aplicações nele executadas, realizando funcionalidades de entrada/saída de dados, e consequentemente a comunicação entre software e sistema operacional (LEE; LEE, 2015; AL-FUQAHA *et al.*, 2015). Para desenvolvedores de uma aplicação IoT específica, é necessária uma atenção especial aos detalhes de diferentes tecnologias, pois isso pode levar a problemas durante a atividade de desenvolvimento (LEE; LEE, 2015).

Uma infraestrutura de IoT complexa, com vários dispositivos, requer muitas aplicações e serviços, de modo que o uso de *middleware* é ideal para o desenvolvimento dessas aplicações. A GSN (*Global Sensor Networks*), por exemplo, é uma plataforma de *middleware* de sensor de código que permite o desenvolvimento e a implementação de serviços de sensores com um esforço de programação baixo (quase zero) (LEE; LEE, 2015).

A computação em nuvem é um modelo para acesso sob demanda a um conjunto de recursos configuráveis (por exemplo, computadores, redes, servidores, armazenamento, aplicações, serviços, software) que pode ser fornecido como Infraestrutura como Serviço (IaaS, do inglês *Infrastructure as a Service*) ou Software como Serviço (SaaS, do inglês *Software as a Service*). Um dos resultados mais importantes da IoT é uma grande quantidade de dados de dispositivos conectados à Internet (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010; LEE; LEE, 2015).

Muitas aplicações IoT exigem armazenamento massivo de dados, alta velocidade de processamento para transmitir dados, áudio ou vídeo em tempo real e redes de banda larga de alta velocidade (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). A computação em nuvem oferece uma solução de back-end ideal para gerenciar grandes fluxos de dados e processá-los em tempo real para um grande número de dispositivos humanos e IoT (LEE; LEE, 2015).

Enquanto os dispositivos e as redes fornecem conectividade física, as aplicações IoT permitem interações confiáveis e robustas entre dispositivos (RAGHAVENDRA; SIVALINGAM; ZNATI, 2006; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Aplicações IoT devem garantir que os dados/mensagens sejam recebidos e executados corretamente em tempo hábil. Por exemplo, aplicações em transporte e logística monitoram o status de mercadorias transportadas, como frutas, produtos frescos, carne e produtos lácteos (LEE; LEE, 2015).

Embora as aplicações de dispositivo para dispositivo não exijam necessariamente a visualização de dados, cada vez mais aplicações IoT centradas no usuário exibem informações intuitivas. Assim, facilmente os usuários finais conseguem entender e interagir com o ambiente da aplicação (LEE; LEE, 2015). As aplicações IoT precisam ser projetadas de maneira correta para que os dispositivos possam monitorar o ambiente, identificar problemas, comunicar e resolver problemas sem intervenção humana. (LEE; LEE, 2015).

2.2.2 Exemplos de utilização de aplicações IoT

A IoT pode ser utilizada em diversos cenários no cotidiano das pessoas (AL-FUQAHA *et al.*, 2015). Desde ambientes externos (como nas ruas da cidade) até ambientes internos (como dentro da própria casa), ela pode estar presente e desempenhar vários papéis. A Figura 1 elenca alguns cenários em domínios relevantes em que a IoT pode estar inserida¹.

Ainda deve-se destacar que esses cenários exigem tipos de funcionalidades diferentes da IoT (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). A Figura 2 mostra esses tipos de funcionalidades de acordo com o cenário correspondente.

Dentre os domínios, destacam-se as cidades inteligentes e, dentro delas, os sistemas de saúde. Embora o termo “cidade inteligente” continue sendo um conceito difuso, existe um consenso geral de que é uma área urbana que cria desenvolvimento sustentável e alta qualidade de vida. O modelo de Giffinger e Pichler-Milanović (2007) esclarece as características de uma cidade inteligente que engloba economia, pessoas, governança, mobilidade, meio ambiente e vida (LEE; LEE, 2015; GIFFINGER; PICHLER-MILANOVIĆ, 2007).

Um componente importante em uma cidade inteligente é o sistema de Saúde (LEE;

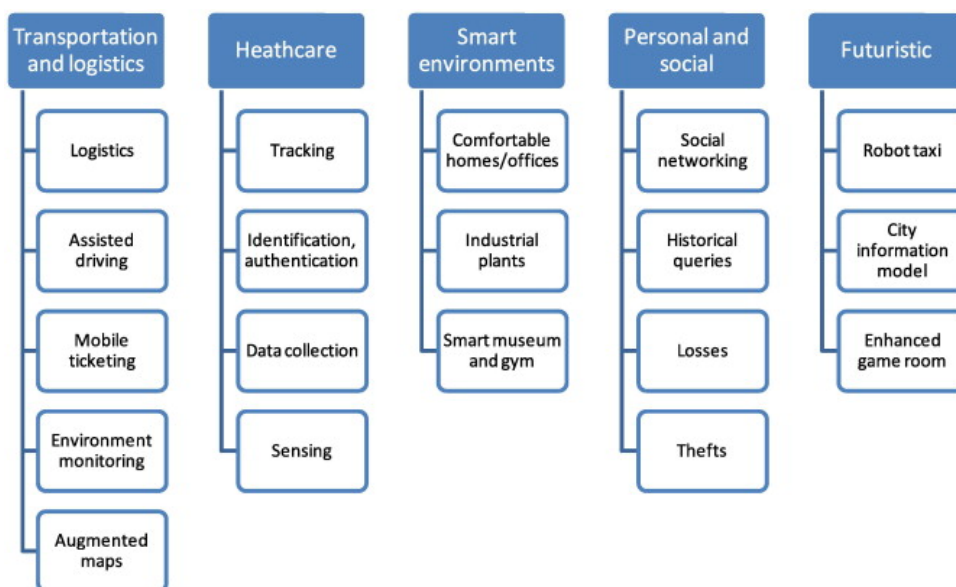
¹ As figuras desta dissertação foram mantidas no idioma Inglês. No caso de figuras de outros autores, a justificativa é manter fidelidade aos trabalhos originalmente publicados. No caso de figuras do próprio autor, buscou-se manter consistência entre os modelos e o código do framework. O uso do idioma Inglês visa facilitar a disseminação e publicação em veículos internacionais.

Figura 1 – Exemplos de cenários em que a IoT pode estar inserida



Fonte: (AL-FUQAHA *et al.*, 2015)

Figura 2 – Domínios de aplicações e principais cenários relevantes.



Fonte: (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010)

LEE, 2015). O **controle** e a **prevenção** são dois dos principais objetivos dos cuidados de Saúde. Na IoT, as pessoas podem ser monitoradas e supervisionadas por especialistas, mesmo que o paciente e o especialista não estejam no mesmo lugar (LEE; LEE, 2015).

O rastreamento do histórico de saúde das pessoas é outro aspecto que torna os sistemas de Saúde muito versáteis com o apoio da IoT. Nas aplicações de negócios, os serviços médicos podem ser oferecidos não apenas aos pacientes, mas também aos especialistas que precisam de

informações para continuar sua avaliação médica. Nessa área, a IoT torna a interação humana muito mais eficiente, permitindo não apenas a localização, mas também o monitoramento dos pacientes (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

O fornecimento de informações sobre a condição de um paciente torna todo o processo mais eficiente e também satisfaz muito mais as pessoas. Os principais interessados nesse cenário são hospitais e instituições de Saúde públicas e privadas (LEE; LEE, 2015; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

2.3 Reúso de Software

Reúso de software (ou reutilização de software) é o uso de recursos de software em novas aplicações em quaisquer das etapas do desenvolvimento de software. A ideia de capitalizar investimentos anteriores em software é atraente (KIM; STOHR, 1998), dado o alto custo e a dificuldade de desenvolver software de alta qualidade. O reúso de código precisa ser analisado e começa no sentido de uma abordagem geral de uma ampla gama de questões tecnológicas, financeiras, administrativas, institucionais e legais, e termina com uma revisão dos principais problemas de trabalho em cada um desses campos e como pode-se reaproveitar a estrutura desse código (DIGIAMPIETRI *et al.*, 2013; SOARES, 2016).

De acordo com Krueger (1992), reusar tecnologias é o uso de recursos de software (como código, por exemplo) desenvolvidos anteriormente para novas aplicações. Como é necessário escrever menos linhas de código, a reutilização do software pode aumentar a produtividade, reduzir os custos de desenvolvimento e minimizar o excesso de reuniões. Graças à necessidade de verificar e validar rigorosamente os recursos de software reutilizados, a reutilização também tem o potencial de melhorar a qualidade, eficiência, segurança e portabilidade do software. A reutilização da código nos softwares, geralmente envolve a reutilização por outros desenvolvedores na mesma empresa de partes de código (por exemplo, sub-rotinas de bibliotecas) (SOARES, 2016; KRUEGER, 1992).

Nas tecnologias de engenharia de software, há uma grande diversidade que envolve alguma forma de reutilização de software Krueger (1992), Soares (2016). Há uma semelhança, no entanto, entre as técnicas utilizadas. Bibliotecas de componentes de software, geradores de aplicativos, compiladores de código-fonte e modelos genéricos de software, por exemplo, incluem artefatos de abstração, seleção, especialização e integração (BIGGERSTAFF; RICHTER, 1989). As tecnologias de engenharia de software, em termos de suas técnicas de reutilização, são avaliadas e contrastadas, particularmente nas quatro dimensões listadas abaixo (KRUEGER, 1992):

- **Abstração:** Cada abordagem para reutilização de software usa alguma forma de abstração para artefatos de software. Abstração em qualquer técnica de reutilização é o recurso

essencial. Sem abstrações, uma coleção de artefatos reutilizáveis seria forçada a ser examinada pelos desenvolvedores de software, tentando descobrir o que cada artefato faz, quando poderia ser reutilizado e como reutilizá-lo;

Seleção: A maioria das abordagens de reutilização ajuda os desenvolvedores de software a encontrar, comparar e selecionar artefatos que podem ser reutilizados (KRUEGER, 1992). Esquemas de classificação e catalogação, por exemplo, podem ser usados para organizar uma biblioteca de artefatos reutilizáveis e orientar os desenvolvedores de software que procuram artefatos de bibliotecas (HOROWITZ; MUNSON, 1989);

Especialização: Objetos específicos são combinados em um objeto unificado (ou genérico) com muitas tecnologias de reutilização. Ao escolher um objeto genérico para reutilização, ele é definido por parâmetros pelo desenvolvedor do software. Por exemplo, pode-se parametrizar uma implementação de pilha reutilizável para a profundidade máxima da pilha. Seria especializado por um programador usando essa pilha generalizada, fornecendo um valor para esse parâmetro;

- **Integração:** As soluções de reutilização geralmente têm uma base para incorporação. Essa estrutura é usada por um desenvolvedor de software. Combine em um sistema de software completo uma coleção de artefatos selecionados e especializados. Um exemplo de uma estrutura de integração (DEREMER; KRON, 1976) é uma unidade de comunicação integrada. As funções são exportadas dos módulos que as implementam com uma linguagem de interconexão de módulo e importadas para os módulos que as utilizam. Interconectando módulos com exportações e importações apropriadas, os módulos são montados em um sistema.

Ressalta-se que nas práticas de reuso de software, o domínio da aplicação ou linha de produto é analisada, as arquiteturas de domínio são definidas e os componentes reutilizáveis são projetados e implementados levando em conta as variações previsíveis do produto final em que se deseja. Com isso, tende-se a exigir um grande investimento antecipado, e os retornos desse investimento só podem ser alcançados quando os produtos são desenvolvidos e mantidos com uma política firme de reuso de software (FRAKES; KANG, 2005, 2005).

2.4 Frameworks

Quando trata-se do desenvolvimento de aplicações IoT, frameworks podem auxiliar fornecendo um conjunto de princípios, orientações, protocolos e padrões que permitem que as aplicações IoT sejam implementadas de maneira mais fácil. Assim, frameworks podem melhorar o desenvolvimento de aplicações IoT por meio de rápida implementação, interoperabilidade, manutenção, segurança e flexibilidade na tecnologia (DERHAMY *et al.*, 2015).

Produzir sistemas de software complexos é uma tarefa cara e o produto final é propenso a erros (FAYAD; SCHMIDT, 1997). A constante redescoberta e reinvenção dos principais conceitos e componentes da indústria de software acarreta grande parte do custo e do esforço de desenvolvimento do software (FAYAD; SCHMIDT; JOHNSON, 1999).

A utilização de frameworks é uma técnica que busca facilitar esse processo. Há várias definições de framework, dentre elas pode-se citar: 1) “um framework é um *design* reusável de todas ou somente de uma parte de um sistema que é representado por um conjunto de classes abstratas e a maneira com que elas se interagem” (FAYAD; SCHMIDT; JOHNSON, 1999); e 2) “um framework é um esqueleto de uma aplicação que pode ser customizada pelo seu desenvolvedor” (FAYAD; SCHMIDT; JOHNSON, 1999).

Os frameworks começaram a ser construídos no início dos anos 80 (FAYAD; SCHMIDT, 1997). Além de minimizar os esforços para desenvolver aplicações, eles permitem o reúso não apenas do código, mas também de toda a análise e projeto de uma estrutura a ser reutilizada. Um framework é definido como o comportamento de uma coleção de objetos, que é uma maneira inovadora de reutilizar a fase de design e codificação de um software (FAYAD; SCHMIDT, 1997; FAYAD; SCHMIDT; JOHNSON, 1999). Assim, o programador pode adaptar soluções específicas às necessidades do usuário (JOHNSON; FOOTE, 1988).

Um framework também pode ser definido como um conjunto de blocos de construção de software pré-construídos que podem ser usados, estendidos ou personalizados pelos programadores (FAYAD; SCHMIDT, 1997; FAYAD; SCHMIDT; JOHNSON, 1999). Pode-se ter estruturas de software do sistema, como rede, multimídia e acesso a banco de dados. Com frameworks, os desenvolvedores de software não precisam começar a escrever uma aplicação do zero (JOHNSON; FOOTE, 1988).

A crescente heterogeneidade das arquiteturas de hardware/software e a diversidade de sistemas operacionais e plataformas de comunicação dificultam a reutilização direta de algoritmos existentes, projetos detalhados, interfaces ou implementações anteriormente realizadas (FAYAD, 2000). Um framework busca a reutilização de forma a captar a essência de arquiteturas, componentes, políticas, serviços e mecanismos de programação bem-sucedidos necessários para uma aplicação (JOHNSON; FOOTE, 1988; FAYAD, 2000; FAYAD; SCHMIDT, 1997). Ao fornecer esqueletos reutilizáveis para o desenvolvimento de novas aplicações, os frameworks podem economizar incontáveis horas e milhões de dólares em custos de desenvolvimento (FAYAD, 2000). O framework geralmente desempenha o papel do programa principal, coordenando e sequenciando as atividades da aplicação (por meio do controle) (FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988). Os frameworks possuem as seguintes características (FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988):

- **Modularidade:** os frameworks aumentam a modularidade ao encapsular as funcionalidades. A modularidade dos frameworks facilita o reconhecimento de alterações no design e

diminui o impacto de implementação;

- **Reusabilidade:** a reutilização permite que novas aplicações sejam criadas para garantir maior produtividade de programação, garantia de qualidade de software e desempenho;
- **Extensibilidade:** o framework aumenta a extensibilidade, permitindo que o desenvolvedor da aplicação personalize aplicações.

2.4.1 Tipos de Frameworks

Os frameworks podem ser categorizados de duas formas: em relação a “onde são utilizados” e a “como são utilizados”. A primeira refere-se à finalidade do framework, isto é, tipo de necessidade durante o desenvolvimento de software. A segunda refere-se à forma com que o framework foi desenvolvido, ou seja, sua estrutura interna (FAYAD; SCHMIDT; JOHNSON, 1999; FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988). Essas duas categorias são apresentadas na Subseção 2.4.2 e Subseção 2.4.3.

2.4.2 Onde são utilizados

De acordo com Fayad e Schmidt (1997), Johnson e Foote (1988), os frameworks podem ser projetados para três tipos de necessidades:

- **Framework de suporte:** fornece funcionalidades a nível de sistema operacional, como acesso a arquivos e *drivers* de dispositivos. Por exemplo, um novo arquivo de sistema ou *driver* de dispositivo é desenvolvido, esse tipo de framework pode fazer integrações de *middleware*.
- **Framework de aplicação:** Os frameworks de aplicação abrangem a *expertise* de uma ampla gama de domínios de software. Por exemplo, frameworks comerciais de aplicação para construir interface gráfica de usuário, são exemplos de frameworks de aplicação.
- **Framework de domínio específico:** também conhecido como framework vertical. Esse framework possui como foco a resolução de problemas de um domínio específico. Exemplos de frameworks de domínio específicos incluem frameworks para controle e fabricação de produtos, para negociação de valores mobiliários, e até para acesso a dados bancários.

2.4.3 Como são usados

Dois conceitos são importantes de serem abordados quando se trata de “como os frameworks são usados”, o de *frozenspot* e de *hotspot*. Os *frozenspots* são os pontos imutáveis de um framework, são serviços já implementados por ele. Geralmente realizam chamadas indiretas aos

hotspots (FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988). Já os *hotspots* são os pontos mutáveis de um framework. Eles são pontos extensíveis, assim necessitando serem complementados por serviços/funcionalidades que devem ser implementadas pelo desenvolvedor da aplicação. Basicamente, os hotspots são partes nas quais os programadores que usam o framework, devem adicionar/modificar o seu código para especificar uma funcionalidade em seu software (FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988).

Na categoria “como são utilizados” existem três tipos de frameworks: caixa branca, caixa preta e caixa cinza (FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988). Vale ressaltar que esses frameworks possuem pontos variáveis (*hotspots*) e não variáveis (*frozenspots*).

2.4.3.1 Framework caixa branca

O reúso de funcionalidades por herança ocorre no framework caixa branca, no qual o desenvolvedor pode criar subclasses das classes abstratas do framework para obter aplicações específicas (BRAGA, 2002). Para fazer isso, detalhes de como o framework funciona devem estar disponíveis e serem visíveis ao desenvolvedor da aplicação (FAYAD; SCHMIDT, 1997; BRAGA, 2002).

Os frameworks caixa branca são baseados em mecanismos de herança e na orientação a objetos. Os recursos existentes são reutilizados e estendidos, além da herança de classes, com substituição de métodos predefinidos (*override*) (JOHNSON; FOOTE, 1988; FAYAD; SCHMIDT, 1997).

2.4.3.2 Framework caixa preta

Em frameworks caixa preta, o reúso de funcionalidades é feito por composição, isto é, o desenvolvedor da aplicação deve combinar várias classes concretas para obter o uso desejado. Desta forma, o framework permite apenas um baixo nível de flexibilização.

Por outro lado, são mais fáceis de usar, pois deve-se entender apenas uma interface para poder instanciá-lo (BRAGA, 2002; FAYAD; SCHMIDT, 1997; JOHNSON; FOOTE, 1988), e não detalhes de seu funcionamento. Portanto, frameworks caixa preta são baseados em componentes de software.

2.4.3.3 Framework caixa cinza

Basicamente, o framework caixa cinza é um framework que alia tanto os recursos de caixa branca quanto o de caixa preta. A reutilização é, portanto, obtida através de interfaces de herança e seleção de componentes.

Existe uma tendência de que os frameworks caixa branca e cinza se tornem frameworks caixa preta (JOHNSON; FOOTE, 1988; FAYAD; SCHMIDT, 1997). Isso ocorre porque na medida em que se instanciam os frameworks caixa branca ou caixa cinza, novas classes vão sendo incorporadas, tornando-o cada vez mais próximo do caixa preta.

2.4.4 Frameworks Comerciais para IoT

Alguns frameworks de infraestrutura têm sido propostos para dar suporte a alguns aspectos referentes à aplicações IoT. Nesta seção é apresentado um estudo sobre os frameworks comerciais para IoT e suas funções. Foi elaborado um estudo por Derhamy *et al.* (2015), com o objetivo de mostrar os principais frameworks comerciais desenvolvidos para IoT e também identificar tendências na elaboração de frameworks futuros. Esse estudo apresentou um levantamento de informações de frameworks comerciais e plataformas para o desenvolvimento de aplicações IoT. A pesquisa inspecionou frameworks desenvolvidos/apoiados por grandes empresas da indústria eletrônica e de software. Esses frameworks foram avaliados em relação a critérios como abordagem arquitetural, suporte à codificação, interoperabilidade e protocolos baseados em padrões, segurança, requisitos de hardware e governança (DERHAMY *et al.*, 2015). A Figura 3 mostra uma relação entre os frameworks/plataformas e os protocolos de comunicação suportados por eles e a Figura 4 mostra os respectivos membros/apoiadores dos principais frameworks abordados no estudo.

Figura 3 – Protocolos de comunicação suportados pelos frameworks e plataformas estudados

	MQTT	XMPP	CoAP	REST	Other
IPSO Alliance			✓	✓	
LWM2M			✓		
Arrowhead	✓	✓	✓	✓	✓
SEP 2.0					✓
AXCIOMA	✓	✓	✓	✓	✓
Thread Group					✓
AllJoyn					✓
ThingSquare			✓	✓	
IzoT				✓	✓
ThingWorx	✓	✓	✓	✓	✓
Xively	✓	✓	✓	✓	✓
Cumulocity				✓	
IBM	✓				✓
Microsoft					✓

Fonte: (DERHAMY *et al.*, 2015)

O estudo de Derhamy *et al.* (2015) concluiu que a medida que o mercado de IoT cresce, a indústria trabalha em conjunto com a academia para criar um conjunto padronizado de protocolos de comunicação. As empresas sempre estão desenvolvendo novos frameworks e plataformas de IoT, pois sempre surgem novas necessidades ou funcionalidades precisam ser modificadas. O estudo concluiu, por meio de uma análise comparativa, que frameworks para IoT incluem principalmente suporte, uso de protocolos, interoperabilidade, segurança, requisitos de hardware, governança e suporte de codificação para o rápido desenvolvimento de aplicações. Assim, esses

Figura 4 – Membros e apoiadores das organizações de frameworks

Framework	Arrowhead	AllJoyn	Thread	IoTivity	LWM2M
Google			✓		
Microsoft		✓			✓
IBM					
Intel				✓	✓
Cisco		✓		✓	
GE				✓	
AT&T		✓			✓
Samsung			✓	✓	✓
ARM			✓		✓
Motorola					✓
Qualcomm		✓			✓
LG		✓			
Schneider Elec.	✓				✓
AVL	✓				
STM	✓				
Members	81	101	81	55	96

Fonte: (DERHAMY *et al.*, 2015)

frameworks devem ser reconhecidos e facilitados para que o uso deles e de suas plataformas sejam bem-sucedidos (DERHAMY *et al.*, 2015). É evidente que esses frameworks são uma forma de reúso, porém nesta dissertação é proposto o reúso em outro nível, relativo ao domínio da aplicação desenvolvida, que neste caso é ao combate do *Aedes aegypti*.

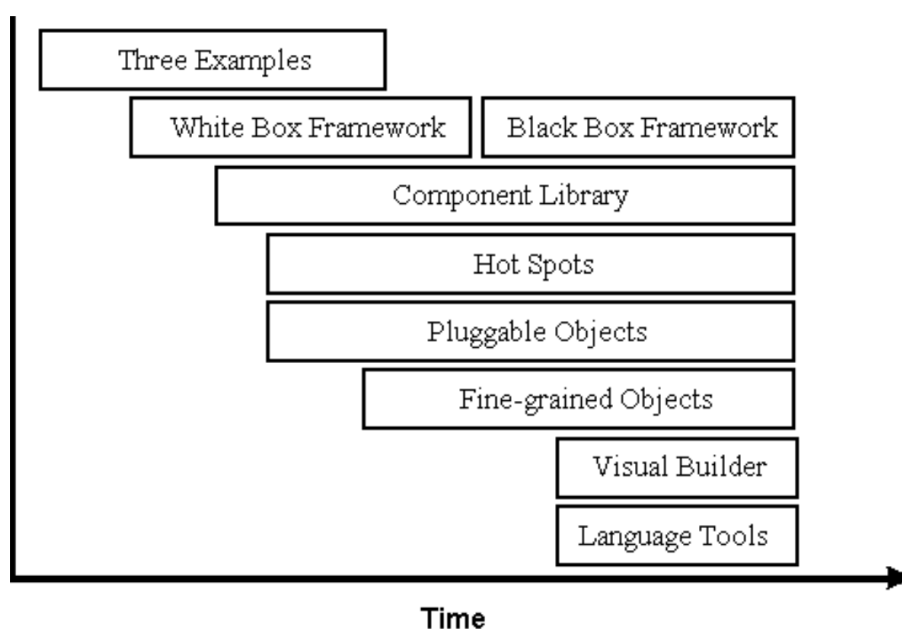
2.4.5 Abordagem Evolving Frameworks

Existem diversas metodologias para criação de frameworks, como algumas citadas no livro de Fayad ((PREE, 1995) e (FROEHLICH *et al.*, 1997)). No contexto deste projeto de mestrado, é adotada uma abordagem simples, porém efetiva, por ter sido derivada a partir da experiência de desenvolvedores de frameworks. A abordagem, denominada *Evolving frameworks*, consiste de uma metodologia criada por Roberts, Johnson *et al.* (1996). Essa abordagem é descrita por meio de um conjunto de padrões que sugerem passos a serem seguidos na criação de um framework. A Figura 5 mostra os padrões em uma linha do tempo e como estão relacionados entre si, em que cada um consiste em:

- **Three Examples** desenvolver três aplicações que você acredita que o framework deva ajudá-lo a construir;
- **White Box Framework**: construir o framework usando herança, isto é, generalizando as classes de uma das aplicações;
- **Black Box Framework**: usar herança para organizar sua biblioteca de componentes e composição para combinar componentes em aplicações;
- **Component Library**: começar com uma biblioteca simples dos objetos óbvios e adicione objetos quando precisar deles;

- **Hot Spots:** separar o código que se modifica do que fica invariante e encapsule o código que se modifica;
- **Pluggable Objects:** projetar subclasses adaptáveis parametrizando mensagens, índices de acesso, blocos para avaliação, etc;
- **Fine-grained Objects:** particionar objetos em granularidades cada vez menores até que não faça mais sentido particionar;
- **Visual Builder:** construir um programa gráfico que permita a especificação dos objetos que fazem parte da aplicação e de sua inter-conexão;
- **Language Tools:** criar ferramentas especializadas para inspeção e depuração.

Figura 5 – Relação entre padrões na linguagem de padrões Evolving Frameworks



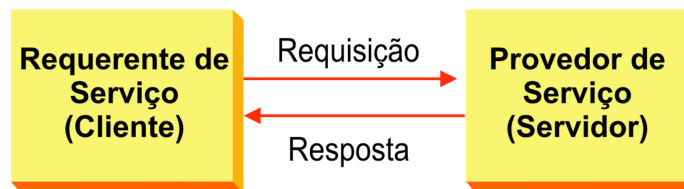
Fonte: (ROBERTS; JOHNSON *et al.*, 1996)

É possível notar que alguns padrões nunca se sobrepõem. Outros fazem isso normalmente. Isso significa que quando dois padrões estão no mesmo intervalo de tempo, às vezes um é aplicado primeiro, às vezes o outro (ROBERTS; JOHNSON *et al.*, 1996). A abordagem *Evolving Frameworks* descreve um caminho comum que os frameworks seguem, mas para torná-los viáveis, não é necessário seguir o caminho até o fim. De fato, antes de chegar ao fim, a maioria dos frameworks param de evoluir. Isso ocorre porque os frameworks morrem em alguns casos; eles não são mais usados e, portanto, não mudam mais (ROBERTS; JOHNSON *et al.*, 1996). No contexto deste trabalho de mestrado, foram aplicados apenas alguns dos padrões, visto que foi implementado apenas um protótipo inicial do framework. Além disso, alguns padrões foram adaptados para o paradigma de serviços (abordado na próxima seção), ou seja, sempre que os padrões se referem a componentes, no caso deste trabalho deve-se entender como serviço.

2.5 Arquitetura Orientada a Serviços

A Arquitetura Orientada a Serviços (SOA), do inglês *Service-oriented architecture*, consiste em um conjunto de conceitos e regras para a formação de uma arquitetura para desenvolvimento de aplicações orientadas a serviços, a fim de obter conexão entre os serviços, com baixo acoplamento (PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003). Muitos desses conceitos e regras de arquitetura SOA foram baseados em modelos existentes, como processamento distribuído, orientação a objetos e outros (HE, 2003; PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003). A Figura 6 mostra uma visão simplificada da SOA.

Figura 6 – Visão Simplificada da SOA



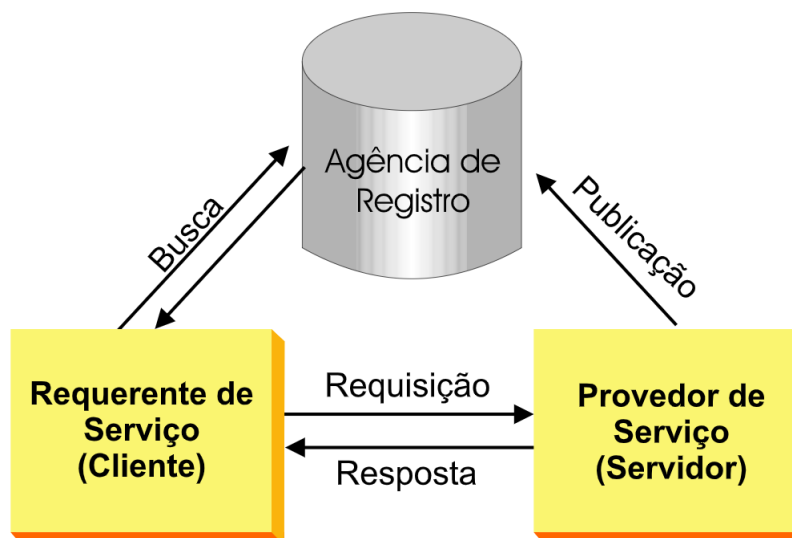
Fonte: (SOUZA *et al.*, 2006)

A SOA pode consistir em vários serviços que são oferecidos ao consumidor (Requerente de Serviço, o Cliente) e/ou provedores (Provedor de Serviço, o Servidor). Esses serviços geralmente estão disponíveis para serem acessados por outros serviços também, o que caracteriza os consumidores e provedores de serviços dependendo de quem consome o serviço ou o fornece (HE, 2003; PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003). A SOA também permite composições de serviços, ou seja, serviços que consomem outros serviços, tornando-os consumidores de serviços de outros provedores. A composição de serviços é muito comum na arquitetura SOA e, como resultado desse mecanismo, a segurança e a confidencialidade desse novo modelo de negócios aumentam (PAPAZOGLU; GEORGAKOPOULOS, 2003; HE, 2003). A Figura 7 ilustra a busca e publicação de serviços em SOA. Os serviços são registrados e buscados em uma base de dados (Agência de Registro), onde ficam disponíveis ao cliente. Quando solicitado um serviço, o Servidor é responsável por provê-lo (SOUZA *et al.*, 2006).

Os frameworks para aplicações IoT disponibilizam funcionalidades prontamente utilizáveis por desenvolvedores interessados em criar novos sistemas. Por exemplo, na área de Saúde, podem ser instalados sensores sem fio em refrigeradores para garantir que amostras de sangue e medicamentos sejam mantidos na temperatura adequada, o que torna desnecessário o monitoramento manual (há riscos dos refrigeradores marcarem a temperatura errada). O software referente a esses sensores pode ser implementado em um framework no formato de um serviço. Um serviço é a unidade de trabalho oferecida por um provedor de serviços para atingir os resultados finais desejados por um consumidor de serviço (HE, 2003).

De acordo com Li e Svärd (2010), usando qualquer tecnologia baseada em serviço, como

Figura 7 – Mecanismo de Registro e Descoberta de Serviços



Fonte: (SOUZA *et al.*, 2006)

SOAP (do inglês, *Simple Object Access Protocol*) ou REST (do inglês, *Representational State Transfer*), uma SOA pode ser feita. O SOAP é um protocolo de transporte mais desenvolvido e unificado, enquanto o REST permite aos programadores maior liberdade de escolha e é muito escolhida por desenvolvedores de software experientes devido à simplicidade da arquitetura (LI; SVÄRD, 2010; PAUTASSO; ZIMMERMANN; LEYMANN, 2008). O REST também se encaixa bem no software de interface do usuário, já que qualquer navegador da Web adota as operações REST simples. O REST, no entanto, carece de padrões de segurança, qualidade de serviço, etc, e suporte para idiomas de automação comercial, enquanto o SOAP é altamente padronizado e suportado (PAUTASSO; ZIMMERMANN; LEYMANN, 2008; LI; SVÄRD, 2010).

O REST possui melhor suporte para cache, solicitações e respostas leves e análise de respostas mais fáceis, em termos de desempenho. O REST também suporta um grande número de clientes e servidores paralelos e, devido à menor sobrecarga, reduz o tráfego de rede (LI; SVÄRD, 2010). Por isso, neste trabalho, para os serviços existentes no protótipo do ComGypti será utilizado REST.

2.6 Considerações finais

Tendo em vista que o que tem sido feito em relação à reuso em IoT, conforme já mencionado neste Capítulo, foi majoritariamente reuso de software em um nível mais baixo, como por exemplo reuso por meio da utilização de *middlewares*, a proposta deste trabalho envolve o reuso de funcionalidades de aplicações IoT de nível do domínio da aplicação (combate ao Aedes Aegypti a partir da leitura de sensores). Para tal fim, é necessário o entendimento dos diversos

conceitos envolvidos nesse processo, e quais tecnologias/paradigmas computacionais fazem parte das discussões desses conceitos. Isso foi feito neste Capítulo, em que foram abordados os conceitos necessários para o entendimento do processo de Reúso de software, frameworks e IoT.

UM MAPEAMENTO SISTEMÁTICO SOBRE USO DE IOT NO COMBATE A DENGUE

3.1 Considerações iniciais

Neste Capítulo, são descritas as etapas conduzidas para alcançar o primeiro objetivo de pesquisa apresentado na [Seção 1.4: *Objetivo Específico 01*](#) — *Selecionar e organizar dificuldades de uso de aplicações IoT para combater o mosquito *Aedes aegypti*, fazendo uma coleta de informações em estudos publicados na literatura. Especificamente, este objetivo é identificar o estado da arte atual e encontrar possíveis deficiências para pesquisas futuras, por meio da realização de um MSL, de acordo com o passo a passo estabelecido por [Petersen et al. \(2008\)](#).*

De acordo com [Petersen et al. \(2008\)](#), um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) é um método que envolve pesquisas na literatura para estimar a extensão e a quantidade de artigos publicados em uma área de domínio. É possível selecionar e categorizar os estudos primários, permitindo assim uma visão geral dessa área. Assim, foi realizado um MSL seguindo o protocolo estabelecido por ([PETERSEN et al., 2008](#)) .

O MSL foi dividido de acordo com as quatro etapas estabelecidas por ([PETERSEN et al., 2008](#)): definição das questões de pesquisa; realização de pesquisas por meio de estudos primários relevantes; extração e síntese de dados; e análise de dados. Os resultados deste MSL foram publicados em um artigo completo em conferência internacional ([SILVA; BRAGA, 2019](#)).

3.2 Planejamento

Foi acordado pelos autores que o objetivo do MSL era identificar o estado da arte em relação à forma como os conceitos de aplicação da IoT são usados em Saúde, especificamente

na luta contra o *Aedes aegypti*. Isso serviu para mapear as contribuições feitas para esse fim. Primeiramente, foram definidas as questões da pesquisa, que serviram de norte para a seleção dos estudos mais relevantes, bem como os dados a serem coletados de cada estudo. As seguintes questões de pesquisa foram propostas:

- **Q1:** Quais foram as estratégias adotadas para a implementação das tecnologias de IoT na luta contra o *Aedes aegypti*?
 - Q1.1:** Qual era o ambiente do experimentação (ou seja, em quais ambientes essas aplicações IoT atuaram)?
 - Q1.2:** Quais foram as tecnologias de IoT usadas?
 - Q1.3:** Quais instituições estão envolvidas no uso dos recursos de saúde?
- **Q2:** Quais foram os benefícios/contribuições que o uso das tecnologias da IoT trouxe para combater o *Aedes aegypti*?
 - Q2.1:** Que tipo de contribuição (Sistema, Arquitetura etc.) foi fornecida?
 - Q2.2:** A contribuição foi focada no controle, prevenção ou combate a doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*?

3.2.1 Bases de dados e critérios de inclusão/exclusão

A cadeia de pesquisa foi formada por palavras-chave consideradas relevantes para executar este MSL. Foi executado através dos seguintes mecanismos de pesquisa: IEEE Xplore, Engineering Village, Scopus, Web of Science, Biblioteca Digital ACM e Science Direct. Termos semelhantes foram considerados para a construção da cadeia, conforme especificado no [Quadro 1](#)

Quadro 1 – Termos a serem buscados

TERMO		
ID	Termo Principal	Termos Similares/Afins
1	Internet of Things	IoT RFID WSN Wireless Sensor Network Sensor
2	mosquito	mosquitoes
3	epidemics	outbreaks
4	diseases	dengue zika chikungunya

A [Tabela 1](#) representa os endereços da Web dos mecanismos de pesquisa escolhidos para permitir a reprodução deste MSL. A [Tabela 2](#) enumera os critérios de inclusão (I) e exclusão (E) usados para filtrar os estudos nas fases subsequentes.

Tabela 1 – Motores Seleccionados

Motor	Endereço Web
IEEEExplore	http://ieeexplore.ieee.org
ACM DigitalLibrary	http://dl.acm.org
Scopus	http://www.scopus.com
Web of Science	http://apps.webofknowledge.com
Science Direct	http://www.sciencedirect.com
Engineering Village	https://www.engineeringvillage.com

Tabela 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios	I/E
Estudos que utilizam tecnologias IoT aplicadas no combate a doenças transmitidas por mosquitos	I
Estudos que não estão totalmente disponíveis na Web	E
Estudos redundantes do mesmo autor (duplicadas)	E
Estudos que não apresentam abordagens baseadas nas tecnologias IoT aplicadas no combate às doenças transmitidas por mosquitos.	E
Ausência de métodos de verificação/validação	E

Além de ser construído com base em palavras-chave de pesquisa do domínio, também foram utilizados seus sinônimos e/ou plurais. Como resultado da união dos termos, a formação da string de pesquisa resultou em¹:

(“internet of things” OR iot OR rfid OR wsn OR “wireless sensor network” OR sensor) AND (mosquito OR mosquitoes) AND (epidemics OR outbreaks OR diseases OR dengue OR zika OR chikungunya)

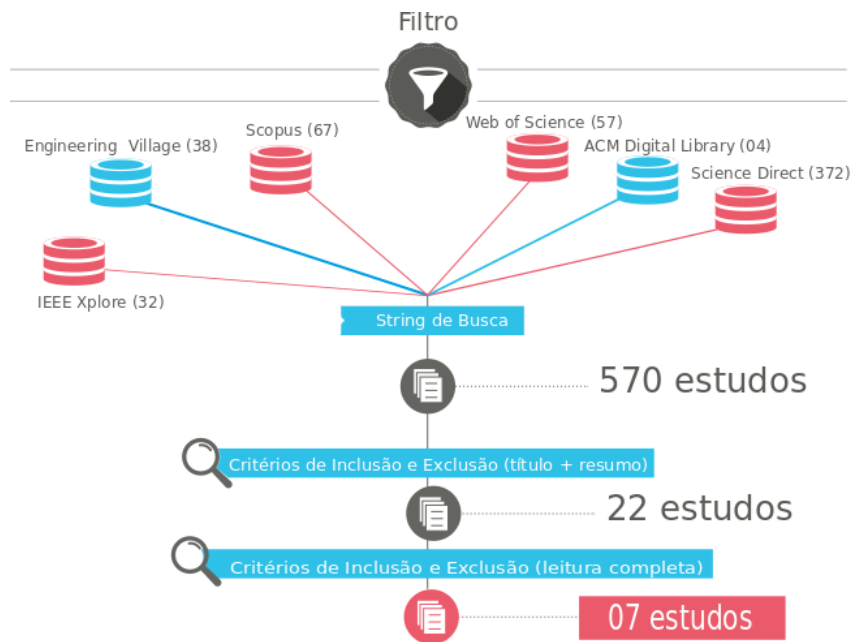
3.2.2 Condução

A seleção dos estudos ocorreu em três etapas, iniciadas em maio de 2018. Essa seleção foi importante de ser realizada para embasar a proposta do mestrado, e não houve tempo hábil para atualizá-la. Isso poderá ser feito futuramente com base no protocolo aqui documentado.

Na primeira etapa, a string de busca foi aplicada nos mecanismos de busca e 570 estudos foram obtidos, embora sem a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Na segunda o título e o resumo também foram lidos, a fim de encontrar estudos que estivessem fortemente relacionados ao assunto em questão, tendo obtido 22 estudos. Na terceira e última etapa, os 22 estudos foram completamente lidos e os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados, resultando em sete estudos seleccionados no total. A Figura 8 ilustra as três etapas executadas durante o MSL.

¹ Deve-se ressaltar que, devido a especificidades de cada base de busca, a string foi adaptada para cada uma delas

Figura 8 – Etapas da Seleção de Estudos



3.3 Resultados e Análise

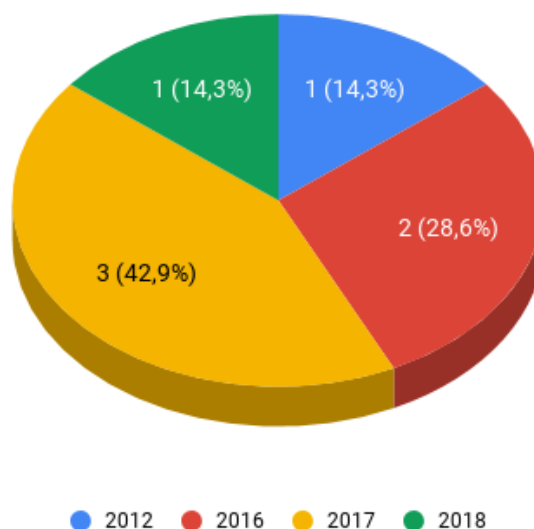
Nesta seção, são apresentados os dados coletados e que foram avaliados a partir dos sete estudos selecionados, a fim de responder às questões de pesquisa, bem como reunir outros dados relevantes para este MSL.

3.3.1 Ano

Ao avaliar os estudos selecionados de acordo com o ano de publicação, foram identificados estudos dos anos de 2012 (MATTHEWS *et al.*, 2012), 2016 (SOUZA, 2016; ANDRADE *et al.*, 2016), 2017 (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017; SALIM *et al.*, 2017; AMARASINGHE *et al.*, 2017) e 2018 (SALIM *et al.*, 2017). O volume mais significativo está relacionado aos anos de 2016 e 2017, nos quais mais estudos foram produzidos. Esses números indicam que o problema de pesquisa investigado é recente, e que há muito a explorar do assunto no uso de aplicações IoT para combater o *Aedes aegypti*. A Figura 9 representa o uso de aplicações IoT para combater o *Aedes aegypti* ao longo dos anos.

Um fato que mostra que o assunto é uma preocupação recente é que 85,7% dos estudos foram publicados nos últimos 3 anos (2016, 2017 e 2018). Um aumento significativo no número de estudos publicados desde 2016 é digno de nota. Isso pode ter sido causado por surtos de dengue em 2016 e pela popularização de tecnologias móveis, que inclui a IoT e o grande uso de *smartphones*. É importante observar que o ano de 2018 foi contemplado apenas parcialmente, pelo fato da busca ter sido realizada no mês de maio. Uma atualização seria necessária para obter números mais precisos.

Figura 9 – Estudos distribuídos por anos



3.3.2 País

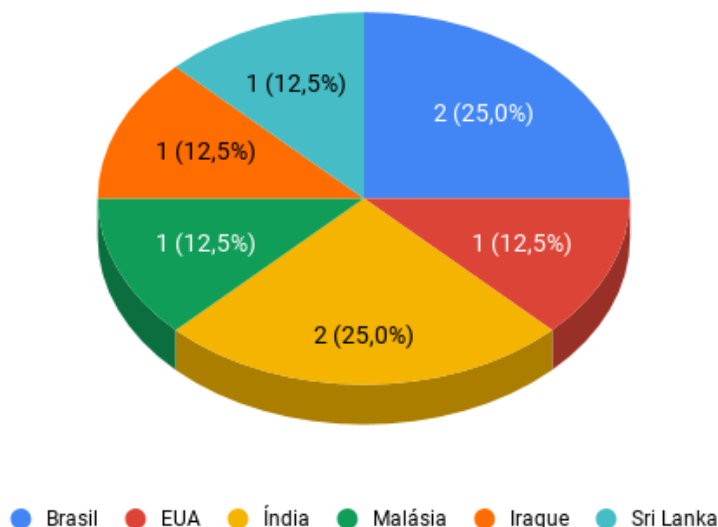
Durante a avaliação dos estudos de acordo com seus países de origem, conforme a [Figura 10](#), foi possível destacar os países em desenvolvimento, onde foram publicados mais estudos sobre o assunto da pesquisa, correspondendo a 87,5% dos estudos (Brasil, Índia, Malásia, Iraque e Sri Lanka). Pode-se observar que os países com mais estudos publicados são o Brasil e a Índia. Os Estados Unidos, a Malásia, o Iraque e o Sri Lanka representam cada um 12,5% dos estudos, assim como os outros países em desenvolvimento (exceto o Brasil) que possuem estudos na Ásia (62,5%). São países que sofrem de problemas simples, incluindo saneamento básico, o que os torna mais suscetíveis à doenças transmitidas por mosquitos. Ainda é possível destacar a participação de uma grande potência mundial, os EUA, que tem o primeiro estudo publicado ([MATTHEWS et al., 2012](#)), cujo foco foi a identificação de surtos com a ajuda de *smartphones* e redes sociais.

Embora haja um domínio científico da comunidade asiática, também foi possível identificar um grande interesse da comunidade científica brasileira, que ficou em segundo lugar (25%), um quarto do total de estudos. Finalmente, com uma pequena contribuição no volume de estudos (12,5%), houve interesse dos EUA. Os dados analisados podem ser verificados na [Figura 10](#).

3.3.3 Tipo de doença e Motivação

Os autores mencionados neste MSL defendem vários pontos de vista sobre a importância de realizar seus estudos. Principalmente, eles estão intimamente relacionados à prevenção, controle ou combate de doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*.

Figura 10 – Estudos distribuídos por países



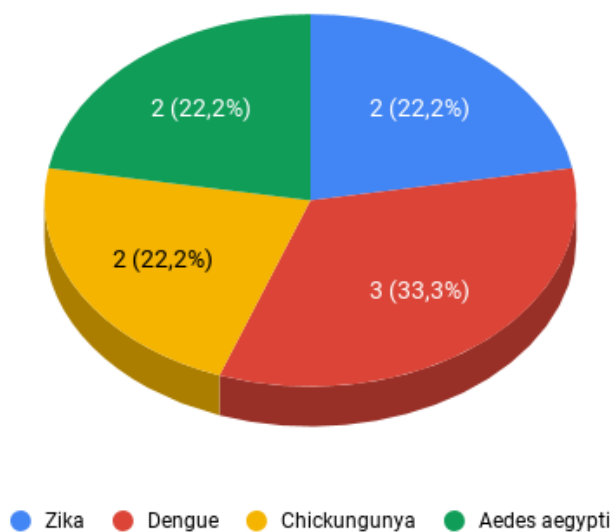
A maioria dos estudos (66,6 %) destaca as graves consequências que essas doenças (dengue, zika e chikungunya) podem trazer. Por exemplo, para [Sareen, Sood e Gupta \(2017\)](#), essas doenças ainda são um desafio para os governos e os serviços de Saúde. Assim, um Sistema de Saúde Pública baseado em Tecnologia da Informação é fortemente necessário para impedir a disseminação do vírus Zika. A ideia de construir um sistema de monitoramento de doenças infecciosas baseado em nuvem que seja acessado por dispositivos móveis para monitorar e detectar pacientes infectados com zika em tempo real pode ser uma solução eficaz.

Além disso, a detecção e o monitoramento remoto de surtos de doenças graves em tempo real são altamente necessários para controlar o surto. [Sareen, Sood e Gupta \(2017\)](#) argumentam que os avanços recentes em TI, como computação em nuvem, IoT, *smartphones* e Sistemas de Informações Geográficas, podem ser usados para melhorar a qualidade dos serviços de Saúde fornecendo aos usuários uma ampla variedade de serviços de computação. Há uma tendência no uso de sistemas em tempo real para controlar as doenças, uma vez que elas se espalham rapidamente. A [Figura 11](#) ilustra a distribuição dos estudos de acordo com o tipo de doença.

Segundo [Rani, Ahmed e Shah \(2018\)](#), a chikungunya é uma doença transmitida pela rápida disseminação do *Aedes aegypti*. Segundo o autor, uma medida de conscientização e prevenção dessa doença, um novo paradigma de saúde inteligente, precisa ser planejado e implementado. A perspectiva de evolução das aplicações IoT para dispositivos e objetos heterogêneos interconectados tem desempenhado um papel vital nos sistemas de saúde para pacientes com chikungunya. Portanto, ainda há uma necessidade de monitoramento da Saúde em tempo real para analisar os pacientes e tomar medidas preventivas e precauções para uma vida saudável.

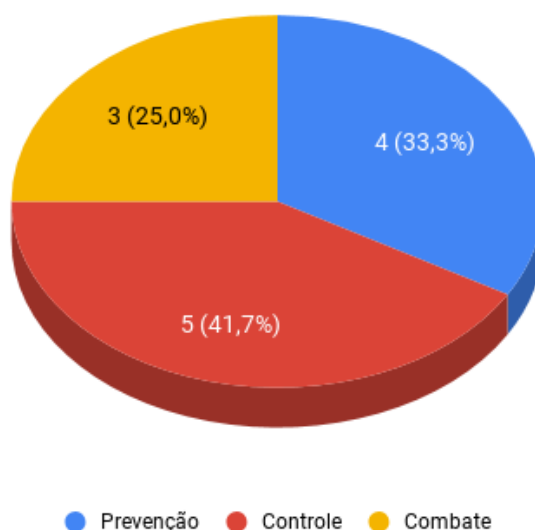
Os estudos enfatizam a importância de ter mecanismos de localização para encontrar

Figura 11 – Estudos de acordo com o tipo de doença (ou mosquito)



criadouros para o *Aedes aegypti*. Como afirmam [Andrade et al. \(2016\)](#), é muito importante localizar e eliminar os elementos causadores (vasos, garrafas pet e outros objetos que podem manter a água parada) rápida e imediatamente, uma medida preventiva muito importante.

Figura 12 – Estudos de acordo com a motivação



A [Figura 12](#) fornece uma visão da motivação primária para os estudos terem sido realizados, ou seja, combate (medidas proativas a partir de dados sobre a doença, como aplicação de inseticidas em áreas prioritárias), prevenção (medidas para evitar proliferação de mosquito, como limpeza de terreno regular) e/ou controle (gerenciamento de dados para se realizar as ações

de combate).

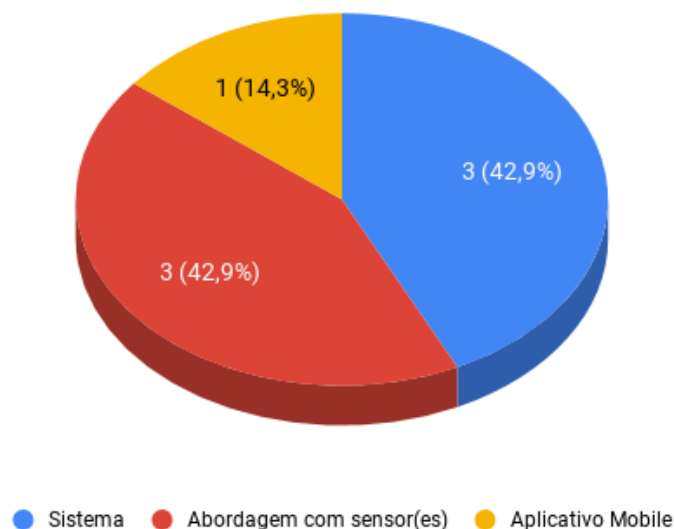
Além de aumentar os casos de dengue na última década, houve aumento nos casos de dengue hemorrágica. Esses fatores levaram a enormes perdas econômicas e complicações de saúde (SALIM *et al.*, 2017). Outro fator preocupante é que as fêmeas do *Aedes aegypti* podem usar quaisquer locais com água parada para reprodução, especialmente locais com estagnação de água que as pessoas não possam alcançar ou identificar prontamente (ou seja, calhas de telhado, tanques de água, telhados inacessíveis e materiais capazes de reter água). Devido ao impacto da retenção de água durante um longo período de tempo, essas áreas são propícias à reprodução do *Aedes aegypti* (AMARASINGHE *et al.*, 2017).

3.3.4 Tipo de contribuição

Os estudos apresentaram várias contribuições com diferentes tipos de resultados. No entanto, muitos desses resultados apresentam soluções semelhantes entre si. Em geral, o desenvolvimento de sistemas, aplicativos móveis e abordagens de sensores foram realizados. A Figura 13 mostra o tipo de contribuição dos estudos.

No estudo de Sareen, Sood e Gupta (2017), foram utilizadas redes Bayesianas para diagnosticar usuários possivelmente infectados, e o serviço Google Maps foi usado para fornecer avaliação de risco baseada no GPS para evitar surtos. O sistema proposto, baseado na computação em nuvem, contribuiu para uma classificação precisa, bem como para a identificação precisa de áreas propensas ao risco de surtos, fazendo um mapeamento com o Google Maps.

Figura 13 – Estudos em relação ao tipo de contribuição



O estudo de Rani, Ahmed e Shah (2018) apresenta um modelo de IoT no qual os dados

coletados de sensores, objetos e pessoas são reunidos na nuvem, permitindo que os profissionais de saúde executem ações preventivas. Medidas cautelares são tomadas pela coleta de informações sobre as causas do crescimento do *Aedes aegypti*. A adequação da abordagem é validada na camada base da IoT e os dados são transmitidos para a nuvem com a ajuda de nós de borda.

No estudo de [Matthews et al. \(2012\)](#), PowerSense foi desenvolvido, que é um módulo extensível para aplicações móveis. Possui funções que auxiliam no mapeamento de locais específicos para detecção de dengue, além de facilitar proativamente o gerenciamento de processos para aplicativos móveis auxiliados por serviços Web. O PowerSense usa medições de consumo de energia e atraso de processamento para dispositivos *smartphones*. Isso permite que os usuários enviem trabalhos de processamento de imagem local ou remotamente para o serviço da Web em tempo de execução.

Os estudos publicados, em geral, enfatizam duas áreas: Sistemas de Informação (SI) e Robótica. SI refere-se a sistemas e aplicativos móveis ([SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017](#); [RANI; AHMED; SHAH, 2018](#); [MATTHEWS et al., 2012](#); [ANDRADE et al., 2016](#)). Na robótica, o foco do desenvolvimento é em sensores e outros componentes eletrônicos auxiliares ([SALIM et al., 2017](#); [SOUZA, 2016](#); [AMARASINGHE et al., 2017](#)).

No estudo de [Andrade et al. \(2016\)](#), é apresentado o DeuZikaChico, um sistema que utiliza tecnologias de Sistemas de Informação Geográfica, plataformas móveis, *crowdsourcing* e redes sociais, com o objetivo de fornecer aos gestores públicos melhor monitoramento de epidemias com o apoio da sociedade. O sistema mapeia casos de doença.

Outro estudo que vale a pena mencionar é o de [Amarasinghe et al. \(2017\)](#), que apresenta uma nova abordagem para identificar áreas de reprodução do *Aedes aegypti* através de imagens capturadas por drones, aplicando o algoritmo de Histograma de Gradiente Orientado. Usando este algoritmo, áreas potenciais de retenção de água foram detectadas.

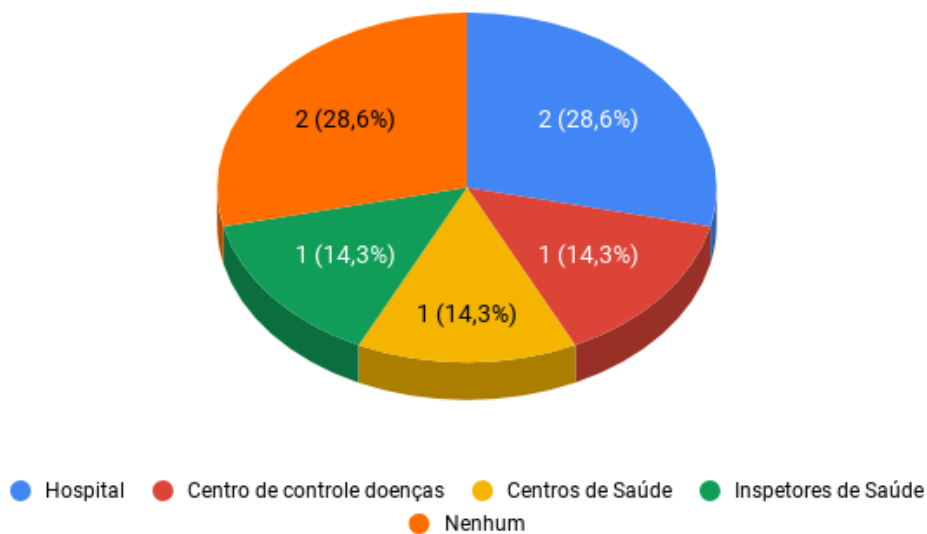
[Salim et al. \(2017\)](#) afirmam que seu estudo é o primeiro a relatar a detecção de fêmeas de *Aedes aegypti* em habitações humanas utilizando um sensor de ondas acústicas de superfície. A viabilidade de um dispositivo baseado em acústica registrando diferenças nos níveis de sinal e ruído de diferentes espécies de mosquitos foi demonstrada através da instrução de diferenças de frequência para detectar mosquitos fêmeas.

3.3.5 Instituições Envolvidas

A [Figura 14](#) apresenta as principais instituições envolvidas no uso de recursos de Saúde. É importante identificar essas instituições, pois são partes interessadas relevantes que precisam ser contatadas no cenário de estudos deste MSL. Um recurso de Saúde pode ser definido como um recurso usado na área Médica, como equipamentos médicos, materiais ou resultados de exames. Os estudos apresentaram diferentes interesses finais e aplicabilidade também. Havia

uma variação de instituições e elas poderiam ter nomes diferentes em diferentes contextos, então uma padronização seria importante. Por exemplo, Hospitais, Centros de Controle de Doenças, Centros de Saúde e Inspectores de Saúde são usados para indicar a instituição ou pessoa que deve receber alertas do sistema ou ser designada como supervisor (uma pessoa responsável por desencadear ações para combater ou prevenir um surto).

Figura 14 – Estudos de acordo com as instituições envolvidas no uso de recursos de Saúde



Um cenário possível envolve os Inspectores de Saúde Pública, que têm a tarefa de detectar e eliminar áreas onde ainda há água parada. No entanto, eles enfrentam o problema de detectar possíveis criadouros do *Aedes aegypti* em áreas de difícil acesso.

3.3.6 Visão geral dos Estudos

De acordo com o Quadro 2, é possível notar que na maioria dos estudos selecionados preocupa-se com o controle da doença (5 de 7), seguido da prevenção (4 de 7) e do combate (2 de 7). Isso destaca o fato de que o controle da doença é uma prioridade, ou seja, uma vez controlada a doença, menos investimentos são necessários para preveni-la e combatê-la.

Quadro 2 – Resumo das características dos estudos selecionados

Estudo	Tipo de Contribuição	Motivação	País	Tecnologia(s)/ Serviço(s) Utilizados	Instituições Envolvidas	Controle/ Prevenção/ Combate	Ambiente de Aplicação
Sareen, Sood e Gupta (2017)	Sistema	Zika	Índia	Smartphone, Imagem, Cloud, GPS, Sensor	Hospital	Controle, Prevenção	Áreas propícias a procriação do <i>Aedes aegypti</i>
Rani, Ahmed e Shah (2018)	Sistema	Chikungunya	Índia	Imagem, Cloud, GPS, Sensor	Hospital	Controle, Combate	Focos do dengue e Hospitais (Informações de pessoas e sensores de mosquito)
Matthews et al. (2012)	Aplicativo Mobile	Dengue	EUA	Smartphone, Web Services, Web Page, Imagem, GPS, Sensor	Centro de controle de doenças	Controle	Em pessoas
Andrade et al. (2016)	Sistema	Dengue, Zika, Chikungunya	Brasil	Redes Sociais, Plataformas Móveis, GPS	Centros de Saúde	Controle, Prevenção	Mídias digitais e áreas propícia a procriação do <i>Aedes aegypti</i>
Salim et al. (2017)	Abordagem com sensor(es)	Dengue	Malásia, Iraque	Sensor GPS	Nenhum	Prevenção, Combate	Qualquer ambiente
Souza (2016)	Abordagem com sensor(es)	<i>Aedes aegypti</i>	Brasil	Sensor, GPS	Nenhum	Controle	Qualquer ambiente
Amarasinghe et al. (2017)	Abordagem com sensor(es)	<i>Aedes aegypti</i>	Sri Lanka	Imagem, Drone	Inspetores de Saúde	Prevenção	Qualquer ambiente

Em relação às tecnologias utilizadas para implementar aplicações IoT no domínio de controle de doenças, pode-se observar no [Quadro 2](#) que, dentre a variedade de dispositivos de IoT atualmente disponíveis, os mais utilizados nos estudos foram sensores embutidos em *smartphones*, como GPS, e outros sensores convencionais para umidade e temperatura. Um tipo específico de sensor para detectar o próprio mosquito também foi identificado.

Vale a pena mencionar que o uso de *drones* foi explorado em apenas um dos estudos ([AMARASINGHE et al., 2017](#)). Esta pode ser uma oportunidade para os pesquisadores, uma vez que a análise de imagens captadas por *drones* em áreas de difícil acesso podem ajudar a identificar e combater a proliferação de mosquitos. Isso nos traz outro aspecto apresentado na Quadro de comparação: os ambientes de aplicação identificados nos estudos estão mais preocupados com áreas propícias para a procriação do *Aedes aegypti*.

Seria desejável melhorar a reutilização durante o desenvolvimento de aplicações específicas para controlar/combater/prevenir doenças. Por exemplo, um departamento de Saúde Pública pode estar interessado em desenvolver uma aplicação personalizada que permita aos usuários colaborar com informações atualizadas sobre mosquitos e pessoas que sofrem das doenças em cada região da cidade. As aplicações para a área de Saúde apresentam soluções para problemas semelhantes, portanto a reutilização de componentes, serviços ou classes de software existentes pode ajudar a melhorar a produtividade e a qualidade. No entanto, ao observar a coluna Tecnologia/Serviços do [Quadro 2](#), não está explícito se há ou não iniciativas de reutilização aplicadas durante o desenvolvimento.

3.4 Ameaças à Validade

Neste estudo, foram identificadas possíveis ameaças à validade. Dentre as principais ameaças, pode-se destacar:

- **Viés da seleção:** Para limitar o escopo do estudo e selecionar apenas estudos relevantes para o assunto, os critérios de inclusão e exclusão baseados no entendimento dos autores foram aplicados, de modo que alguns estudos podem não ter sido incluídos ou terem sido classificados incorretamente. Para evitar essa possível ameaça, o protocolo de revisão foi discutido até que um senso comum fosse alcançado entre os pesquisadores.
- **Construção de strings de pesquisa e extração de dados:** Quanto ao assunto do mapeamento discutido, existem várias construções de strings de pesquisa possíveis. Desta forma, os pesquisadores poderiam ter construído uma string com palavras que não eram apropriadas, o que poderia ter resultado em um conjunto de estudos que não representa o universo de possíveis estudos. Para amenizar essa ameaça, foram feitas diversas tentativas com diferentes strings até chegar a uma que retornasse estudos mais representativos do universo desejado.

3.5 Considerações Finais

O MSL apresentado neste Capítulo resultou na seleção de sete estudos nos quais as aplicações IoT são utilizadas para controlar/combater/prevenir o *Aedes aegypti*. Sistemas de suporte que usam sensores (como placas Arduino) e aplicativos móveis são recorrentes, o que mostra que é possível combater o *Aedes aegypti*, beneficiando-se da IoT sem grandes gastos para construir aplicações eficazes.

Considerando os mecanismos básicos para o desenvolvimento de aplicações IoT, por exemplo, RFID, WSN, *middleware*, computação em nuvem e a própria aplicação IoT, os estudos apresentaram uma série de recursos usando esses mecanismos. Oportunidades de reutilização também foram identificadas. Por exemplo, o serviço do Google Maps na Web foi usado para detectar a disseminação de infecções em locais de alta densidade de mosquitos (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017) e também foi usado em um aplicativo para identificar e destacar regiões recentemente afetadas (MATTHEWS *et al.*, 2012). No entanto, os estudos não explicitaram suas iniciativas de reutilização.

Finalmente, foi possível observar que o monitoramento da informação é essencial nos sistemas de combate à dengue, e a IoT desempenha um papel essencial para apoiar isso. Acredita-se que o presente MSL pode ser útil para pesquisadores interessados em desenvolver soluções para controle de doenças, combate e prevenção. Eles podem se beneficiar dos estudos encontrados na literatura que resultaram deste MSL.

O reúso de software pode trazer muitos benefícios para esse domínio e deve ser melhor explorada. Nesse sentido, pode-se contribuir para a reutilização, documentando os requisitos de alto nível das aplicações para combater o *Aedes aegypti* usando tecnologias de IoT, com base nas informações extraídas dos estudos selecionados pelo MSL e complementadas por outras técnicas de análise de domínio. Este é o objetivo do próximo Capítulo.

ANÁLISE DE DOMÍNIO PARA APLICAÇÕES DE COMBATE A DENGUE USANDO IOT

4.1 Considerações Iniciais

Neste Capítulo, são descritas as etapas conduzidas para alcançar o segundo objetivo de pesquisa apresentado na [Seção 1.4](#), isto é, **Objetivo Específico 02** — *Extrair os requisitos e modelos de análise para sistemas desse domínio, analisando esses requisitos de forma incremental, que poderão ser utilizados em futuras implementações de aplicações para combater o *Aedes aegypti*, usando tecnologias de IoT.*

Especificamente, foi detalhada a análise de domínio realizada para extrair os requisitos dos sistemas de combate ao *Aedes aegypti* usando tecnologias IoT. Essa análise foi necessária uma vez que diferentes sistemas podem ser desenvolvidos nesse domínio, de acordo com as necessidades específicas dos centros de Saúde locais e outras partes interessadas. Portanto, o estabelecimento de um conjunto de requisitos que podem ser personalizados antes do desenvolvimento de aplicações específicas, pode melhorar a qualidade dos sistemas para esse domínio.

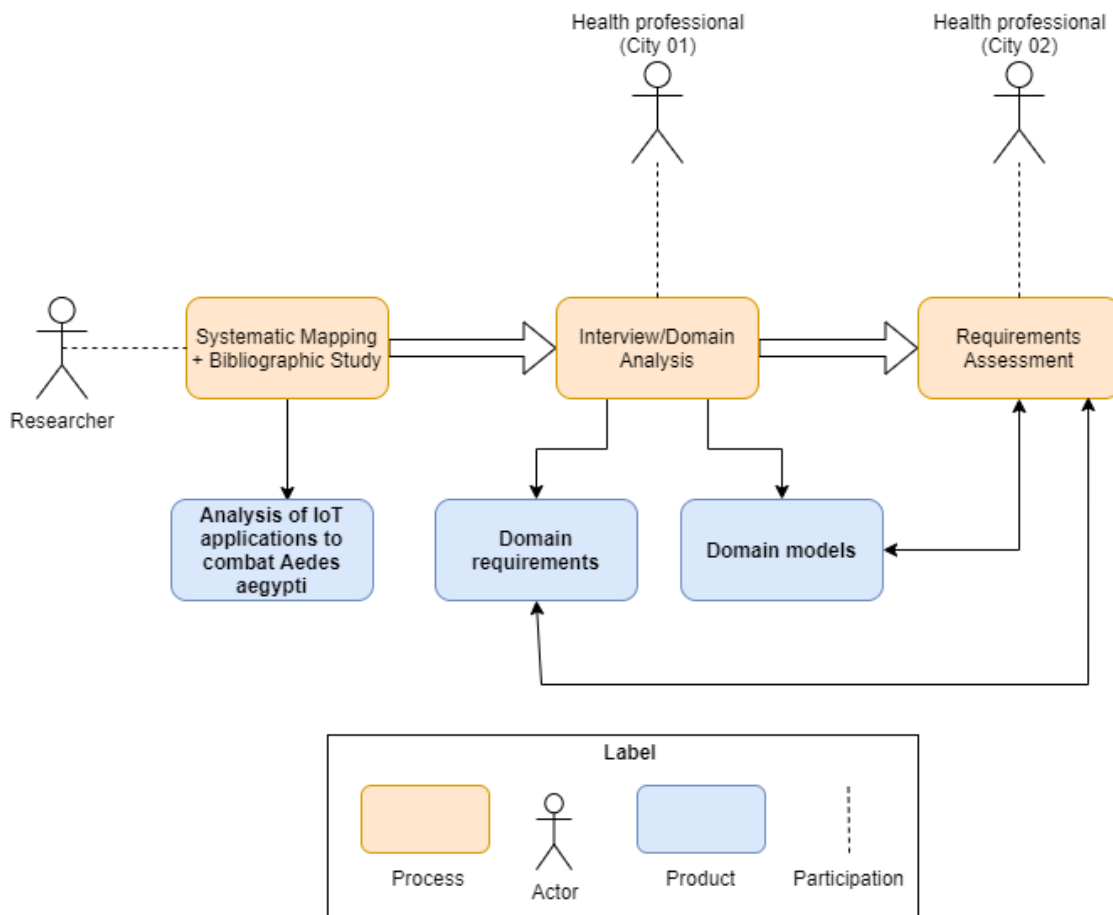
4.2 Requisitos para sistemas de combate ao *Aedes aegypti*

Nesta seção é apresentado o passo a passo do processo de investigação e levantamento de requisitos dos sistemas de combate ao *Aedes aegypti*. O primeiro passo consistiu em uma entrevista com um profissional da Saúde, para que fosse possível se ter uma base de como trabalhar com os dados levantados pelos Centros de Controle de Endemias e pelo próprio

Ministério da Saúde.

Como maior forma de contato com esse domínio, teve-se O MSL apresentado no [Capítulo 3](#), incluindo uma revisão bibliográfica, que foi complementado com uma entrevista com um profissional de Saúde, apresentado na [Subseção 4.2.1](#). O passo seguinte foi a modelagem de três sistemas com base no MSL ([Subseção 4.2.2](#)), seguida da realização da abstração desses modelos ([Subseção 4.2.3](#)), para em seguida avaliá-lo por outro profissional de Saúde ([Subseção 4.2.4](#)). A [Figura 15](#) resume o processo de análise de domínio realizado neste Capítulo (atividades realizadas e produtos gerados em cada uma delas), processo esse que contou com o auxílio de dois profissionais de Saúde de duas cidades diferentes, sendo que um profissional participou da coleta de requisitos e o outro avaliou esses requisitos.

Figura 15 – Processo de Análise de Domínio



Fonte: Elaboração do autor

4.2.1 Entrevista com um profissional de Saúde

Foi realizada uma entrevista com um profissional de Saúde de uma cidade brasileira que sofre de surtos de mosquitos *Aedes aegypti*. Atualmente, o profissional possui o cargo de *diretor do Departamento de Endemias* dessa cidade. A cidade, Jataí, está localizada no Estado

de Goiás. Foi escolhida apenas uma cidade porque existe um procedimento padrão estabelecido pelo Governo Federal brasileiro que é seguido por todas as cidades, portanto, entender uma delas é suficiente para o propósito deste trabalho.

Na [Subseção 4.2.4](#), é mostrado o procedimento de outra avaliação realizada neste trabalho para confirmar os resultados da entrevista apresentada nesta seção. Ela foi realizada com auxílio de uma profissional do Estado de São Paulo, que possui o cargo de *chefe de Seção de Apoio à Vigilância em Saúde e Informação da Vigilância Epidemiológica*, cargo este que é análogo ao profissional da entrevista do Estado de Goiás.

A entrevista foi estruturada e elaborada com antecedência à ida a Jataí. No total foram feitas 14 perguntas para guiar a entrevista, apresentadas a seguir:

1. Em geral, quais são as medidas adotadas pelo Departamento de Saúde de Jataí para combater o *Aedes aegypti*?
2. Em relação ao *Aedes aegypti*, em geral, que medidas são tomadas especificamente para:
 - Prevenção de doenças?
 - Controle de doenças?
 - Combate à doença?
3. Como são identificadas as áreas de risco dessas doenças?
4. Quem são as pessoas e instituições envolvidas e suas responsabilidades / atividades?
5. Como as funções são atribuídas a cada agente / instituição e por que são realizadas dessa maneira?
6. Quais informações são armazenadas e processadas pela Prefeitura / Departamento de Saúde?
7. Como o profissional utiliza essas informações e como elas são distribuídas?
8. Em relação aos sistemas de informação, existem meios de automação ou mecanismos de suporte para lidar com o problema? E em outras cidades?
9. Entre as medidas contra o *Aedes aegypti* adotadas pelo Município, qual apresentou os resultados mais satisfatórios?
10. Você tem incentivos / apoio de outras entidades que não estão vinculadas à prefeitura? Se sim, quais são? E qual a importância do apoio ao desenvolvimento dessas atividades?
11. Mudar tarefas e/ou responsabilidades tornaria seu trabalho mais fácil?

12. Que tipo de recursos (mais especificamente na área de Tecnologia da Informação) poderiam ser usados como auxílio ao seu trabalho (existe algum uso de Sensores ou outro tipo de hardware para lidar com fatores climáticos, etc.)?
13. Você conhece sistemas de TI utilizados por outros municípios para combater a dengue (por exemplo, aplicativos para dispositivos móveis, sensores ou outras tecnologias)? Em caso afirmativo, como eles funcionam e quanto custam? Você acha que eles seriam úteis na sua cidade?
14. Como está o desenvolvimento de sistemas da sua área na prefeitura? Você tem seu próprio time ou é terceirizado? Se houvesse software pré-fabricado para facilitar o desenvolvimento de aplicativos de controle da dengue, você teria alguém em sua equipe de TI para programá-lo?

Durante a entrevista, o profissional de Saúde descreveu detalhadamente como as doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti* são tratadas. Ele explicou que o Governo Federal possui um roteiro padrão de combate ao *Aedes aegypti* e cada município segue esse roteiro. Com base na entrevista, foi elaborado um diagrama de casos de uso UML (*Unified Modeling Language*) e o modelo conceitual, conforme representado na [Figura 16](#) e [Figura 17](#), respectivamente.

Figura 16 – Cenário do combate ao *Aedes aegypti* de acordo com a entrevista

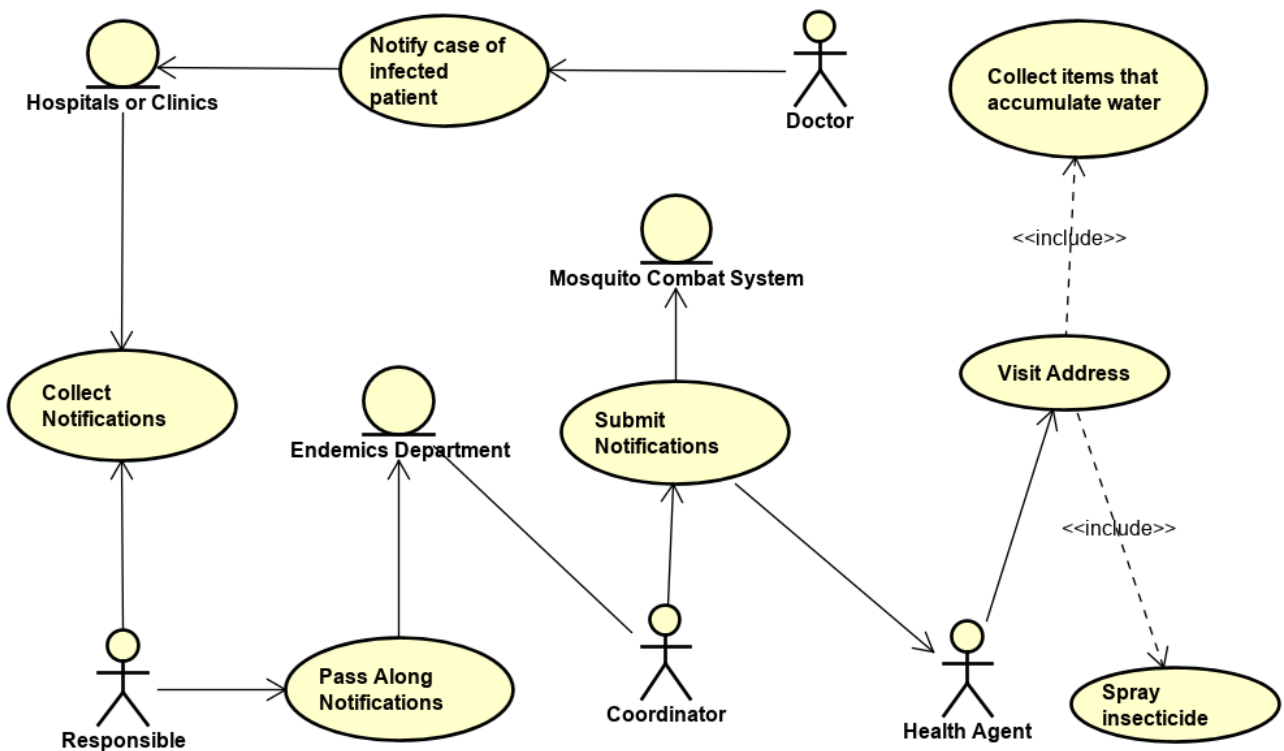
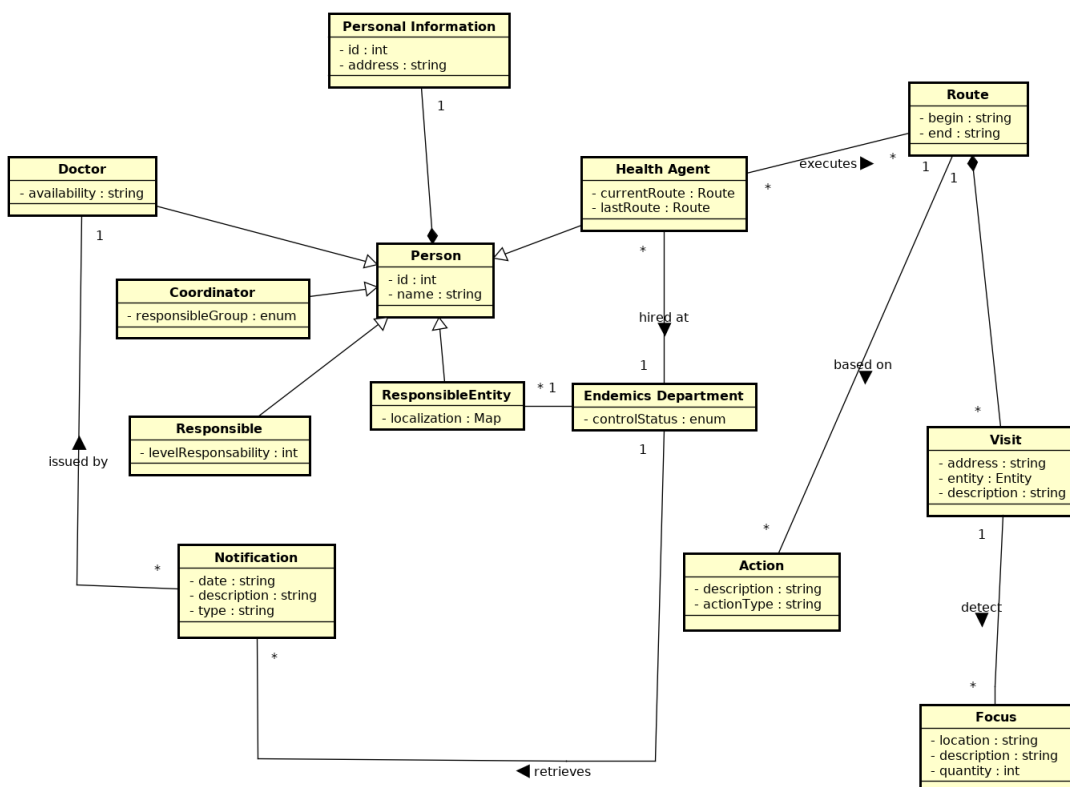


Figura 17 – Modelo Conceitual do cenário do combate ao *Aedes aegypti* de acordo com a entrevista

Fonte: Elaboração do autor

O modelo da [Figura 17](#) se baseia em um esquema de notificação. A partir dele, responsáveis designam rotas para agentes de saúde, baseado na prioridade da visita.

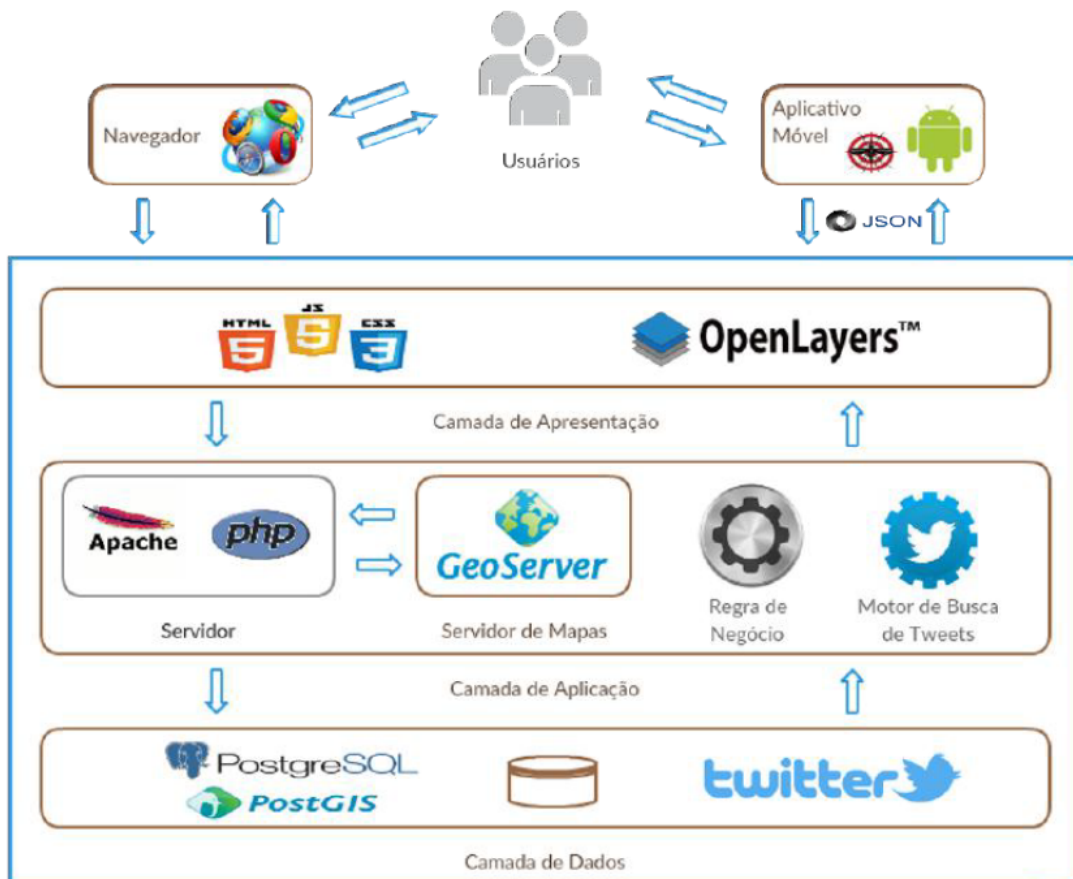
4.2.2 Modelando três exemplos

Alguns pesquisadores, principalmente de países subdesenvolvidos de clima tropical, propuseram sistemas que usam a IoT (como descrito na [Quadro 2](#)) para combater o *Aedes aegypti*, que é o domínio de interesse neste trabalho. Para realizar a análise de domínio, foi utilizada a ideia dos padrões do *Evolving Frameworks* (ROBERTS; JOHNSON *et al.*, 1996). Um dos padrões determina que três exemplos, do domínio da aplicação em que se deseja desenvolver, precisam ser usados como base para abstrair as funcionalidades desse domínio. Portanto, a partir do MSL apresentado no [Capítulo 3](#), três trabalhos foram selecionados para apoiar a análise de domínio, com base no critério de que eles apresentam um conjunto mais completo de funcionalidades no domínio em questão em comparação aos outros trabalhos.

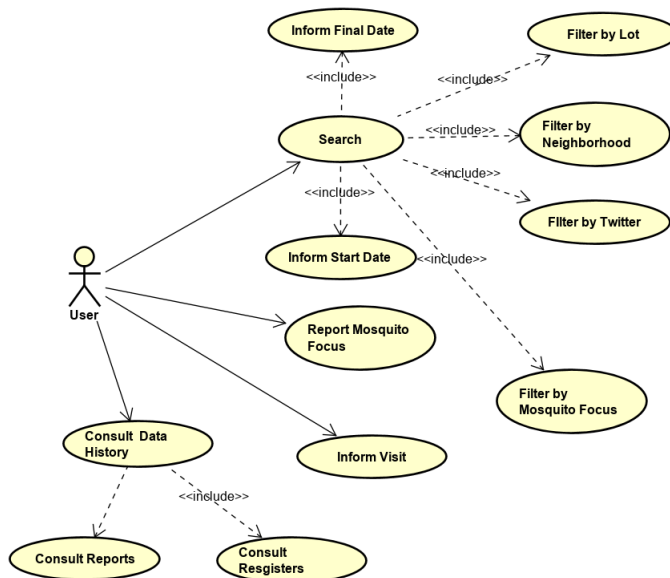
O primeiro exemplo ilustra o caso de DeuZikaChico ([Figura 18](#)) de [Andrade *et al.* \(2016\)](#). Nele, utiliza-se tecnologias de geoprocessamento, plataformas móveis, *crowdsourcing* e redes sociais, a fim de proporcionar aos gestores públicos um melhor monitoramento de epidemias

com o apoio indispensável da sociedade. Após analisar este exemplo, criou-se o caso de uso da Figura 19 e o modelo conceitual da Figura 23.

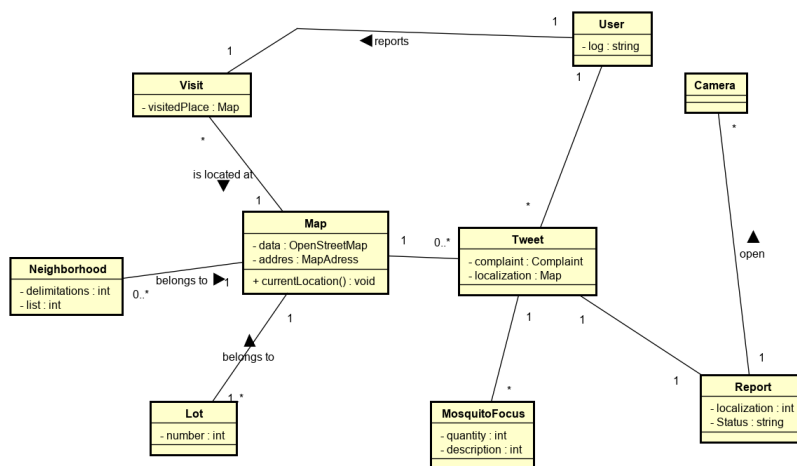
Figura 18 – Arquitetura do sistema de Andrade *et al.* (2016)



Fonte: (ANDRADE *et al.*, 2016)

Figura 19 – Diagrama de caso de uso baseado no estudo de Andrade e outros (ANDRADE *et al.*, 2016)

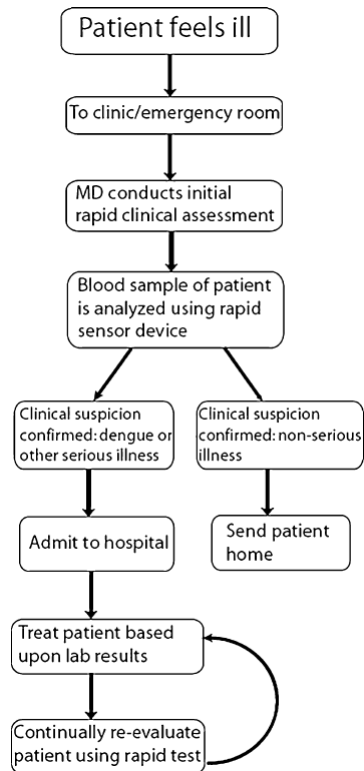
Fonte: Elaboração do autor

Figura 20 – Modelo conceitual baseado no estudo de Andrade *et al.* (2016)

Fonte: Elaboração do autor

O segundo exemplo de sistema é o de Matthews *et al.* (2012), que refere-se a uma alternativa de detecção da dengue, que usa um algoritmo leve de reconhecimento de objetos e um servidor Web (como ilustrado na Figura 21) que fornece informações para fornecedores de serviços de Saúde (ANDRADE *et al.*, 2016).

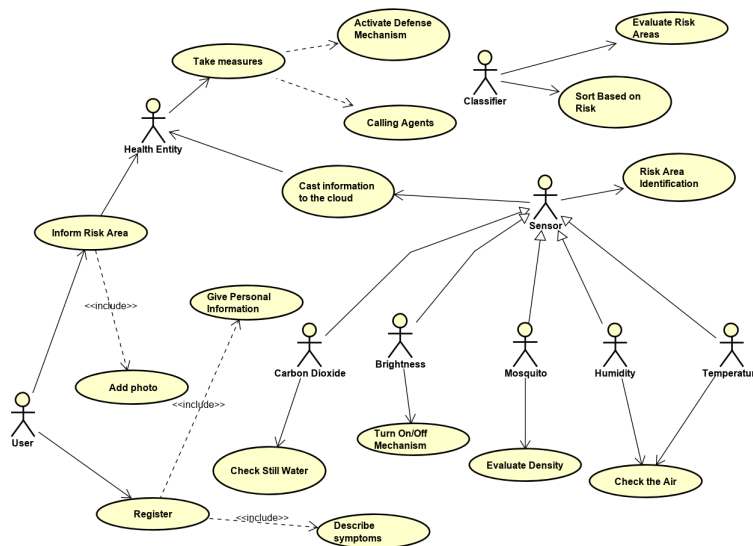
Figura 21 – Arquitetura do sistema de Sareen, Sood e Gupta (2017)



Fonte: (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017)

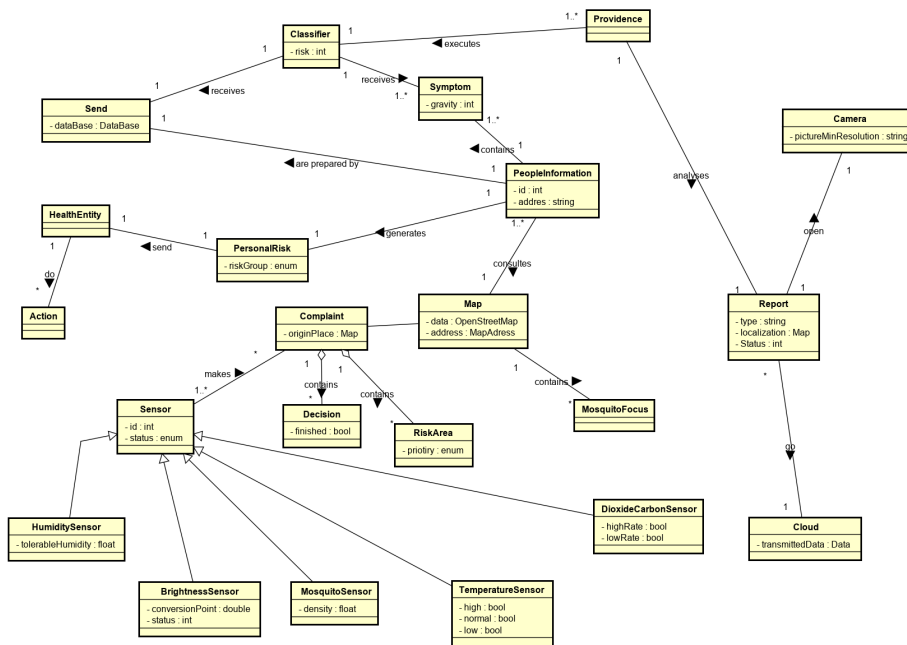
Essa abordagem diagnostica rapidamente a dengue, transmite resultados ao Centro de Controle de Doenças para uma avaliação mais aprofundada e oferece aos profissionais de Saúde informações sobre surtos, como abordado no [Capítulo 3](#). Além do mais, segundo os autores, isso pode melhorar a qualidade de vida nos países em desenvolvimento, tratando a dengue de maneira adequada e fornecendo dados ao Centro de Controle de Doenças para detectar epidemias de dengue. A [Figura 22](#) e a [Figura 23](#) ilustram o diagrama de casos de uso e o modelo conceitual, respectivamente, que foram construídos com base no segundo trabalho.

Figura 22 – Diagrama de caso de uso baseado no estudo de Matthews *et al.* (2012)



Fonte: Elaboração do autor

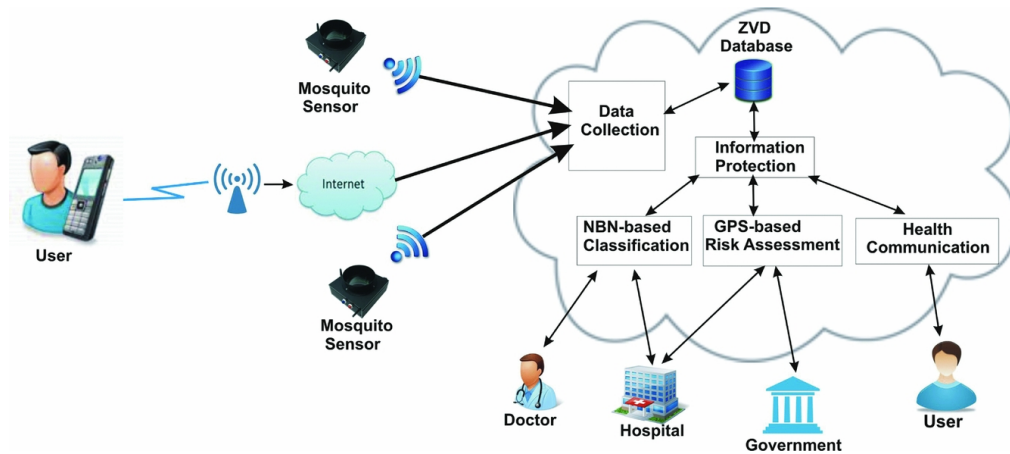
Figura 23 – Modelo conceitual baseado no estudo de Matthews *et al.* (2012)



Fonte: Elaboração do autor

O terceiro exemplo de sistema refere-se ao estudo apresentado por Sareen, Sood e Gupta (2017), em que um modelo para IoT permite que informações sejam coletadas de sensores, itens e indivíduos, como ilustrado na Figura 24.

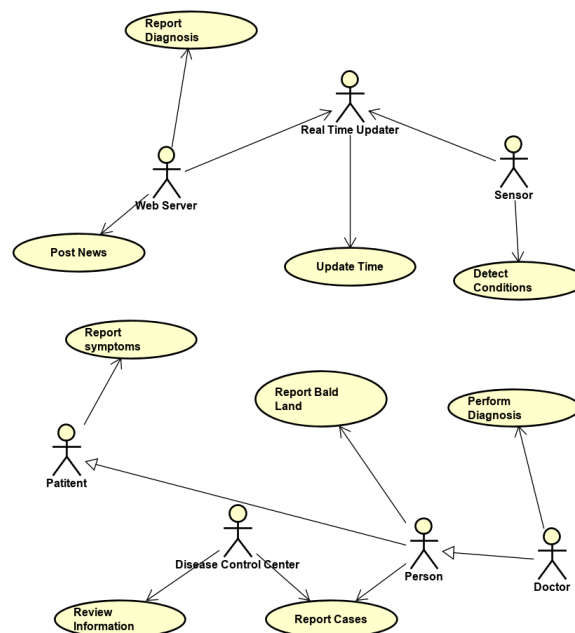
Figura 24 – Mecanismo de Registro e Descoberta de Serviços



Fonte: (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017)

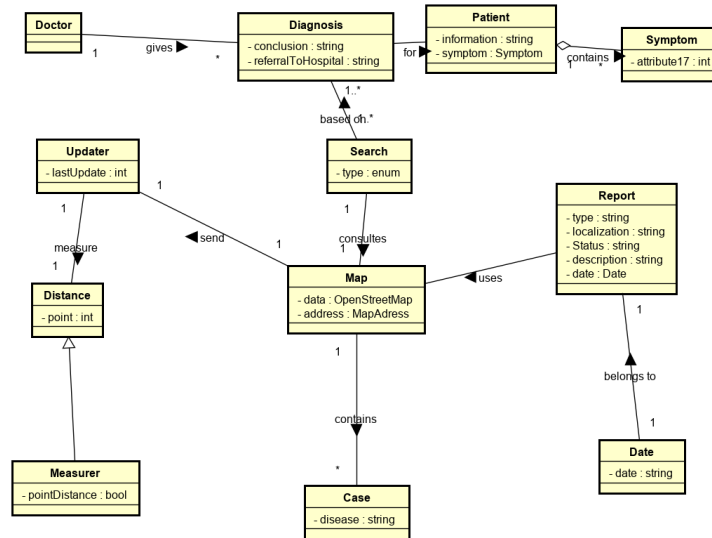
Essas informações podem ser armazenadas na nuvem para permitir ações preventivas dos profissionais de Saúde. Ao coletar dados sobre as causas da proliferação dos mosquitos, serão tomadas medidas de precaução. As informações são transferidas para a nuvem (SAREEN; SOOD; GUPTA, 2017). A Figura 25 e a Figura 26 foram construídas com base neste trabalho.

Figura 25 – Diagrama de casos de uso baseado no estudo de Sareen, Sood e Gupta (2017)



Fonte: Elaboração do autor

Figura 26 – Modelo conceitual baseado no estudo de Sareen, Sood e Gupta (2017)

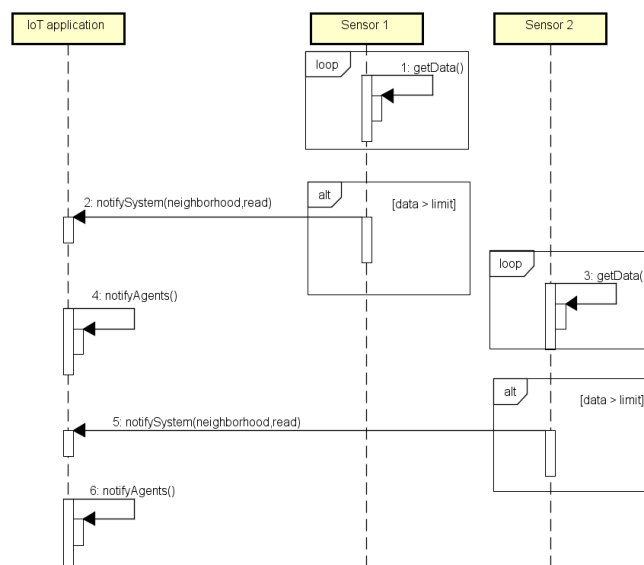


Fonte: Elaboração do autor

4.2.3 Abstração em um modelo geral e elicitação de requisitos

Após entender o domínio por meio das atividades mostradas na [Subseção 4.2.1](#) e na [Subseção 4.2.2](#), o diagrama de sequência foi criado para mostrar o comportamento esperado de aplicações comuns encontrados no domínio. A [Figura 27](#) ilustra o exemplo de uma aplicação IoT que lê dados provenientes de vários sensores, compara os dados com limites pré-estabelecidos e depois notifica as partes interessadas que são responsáveis por tomar decisões para combater o *Aedes aegypti*, por exemplo agentes de Saúde.

Figura 27 – Exemplo de cenário de leitura de dados



Fonte: Preparação do autor

É importante observar que os casos de uso e modelos conceituais da Figura 16 e Figura 17, e o cenário da Figura 27, foram modelados de acordo com as informações coletadas durante esta pesquisa. Portanto, refletem os sistemas escolhidos e poderiam ser diferentes caso outros sistemas fossem investigados.

Com base nos três exemplos estudados na Subseção 4.2.2, bem como nos resultados da entrevista com um profissional de Saúde apresentada na Subseção 4.2.1, as informações do domínio foram organizadas em quatro focos diferentes: *Consult Focus* (C), *Measure Focus* (M), *Patient DiseaseFocus* (PD) e *Sensor Focus* (S). Essa organização visou facilitar a compreensão dos modelos, tornando-os menos complexos do que se fosse feito um modelo único. A Tabela 3 mostra como os casos de uso foram reunidos em cada foco.

Tabela 3 – Equivalência de casos de uso para *design* do cenário geral

ID	F/H	Foco	Caso de uso/ATOR/(Include)	Fonte
1	F	C	Consult Data History / USER (Consult Focus Reports) (Consult Disease Reports)	Sistema 1 (*), Sistema 3 (Review Information)
2	H	C	Report Symptoms / USER	Sistema 2 (Register/Describe symptoms), Sistema 3 (*)
3	H	C	Search problem areas / USER (Filter by Lot) (Filter by Neighborhood) (Filter by Tweet) (Filter by Mosquito Focus)	Sistema 1 (*)
4	H	M	** Consult Work Assignment/ AGENT	-
5	H	M	** Create Work Assignment/ RESPONSIBLE (Create route)	-
6	H	M	Post News / CONTROL CENTER	Sistema 3 (*)
7	F	M	Take Measures / CONTROL CENTER (Call Agents) (Activate Defense Mechanism)	Sistema 2 (*)
8	F	M	Visit Address / AGENT (Collect items that accumulate water)/ (Spray insecticide)	Sistema 1 (Inform Visit), Sistema 2 (Take Measures/Call Agents/Activate Defense Mechanism), Entrevista (*)
9	F	M/ PD S	Collect Notifications / RESPONSIBLE	Sistema 2 (Cast information to the cloud, Sistema 3 (Update Time), Entrevista (*)
10	F	C	Report Mosquito Focus / USER	Sistema 1 (*), Sistema 2 (Inform Risk Area/Add Photo), Sistema 3 (Report Bald Land)
11	H	PD	Notify case of infected patient / DOCTOR	Sistema 3 (Report Cases), Entrevista (*)
12	H	PD	Perform Diagnosis / DOCTOR	Sistema 3 (*), Entrevista (*)
13	H	S	Evaluate Density / MOSQUITO >SENSOR	Sistema 2 (*), Sistema 3 (Detect Conditions)
14	H	S	Check the Air / (HUMIDITY / TEMPERATURE) >SENSOR	Sistema 2 (*), Sistema 3 (Detect Conditions)
15	H	S	Check Still Water / CARBON DIOXIDE >SENSOR	Sistema 2 (*), Sistema 3 (Detect Conditions)
16	H	S	Evaluate Risk Areas / Sistema	Sistema 2 (*), Sistema 3 (Detect Conditions)
17	F	S	Report Diagnosis / RESPONSIBLE	Sistema 3 (*), Entrevista (Pass Along Notifications)
18	H	S	Sort Based on Risk / CONTROL CENTER	Sistema 2(*)
19	H	S	Turn On/Off Mechanism / BRIGHTNESS >SENSOR	Sistema 1 (*), Sistema 2 (*), Sistema 3 (Detect Conditions)

A coluna F/H indica se o caso de uso deve fazer parte de todas as aplicações do domínio, ou seja, é um *frozenspot* (F) ou se o caso de uso é caracterizado como *hotspot* (H), quando ele é opcional, ou seja, pode haver aplicações sem essa funcionalidade. Um “**” está incluído para indicar o sistema de onde a ideia de caso de uso veio originalmente. Outras fontes ou casos de uso equivalentes também podem ser usados como fonte para definir o caso de uso geral. O “***” indica que o caso de uso foi incluído para complementar o sistema e permitir que outros casos de uso façam sentido.

Cada foco representa um ponto de vista diferente, relevante para um sistema de combate

a mosquitos. É importante observar que o caso de uso *Collect Notifications* aparece em mais de um foco, pois modela o comportamento que pode aparecer em diferentes situações no contexto de aplicações para sistemas de combate ao *Aedes aegypti*. Além disso, alguns atores na [Tabela 3](#) foram excluídos e/ou substituídos por sistemas para fazer sentido.

O *Consult Focus* mostra o cenário sob o ponto de vista de vários tipos de relatórios e consultas realizados por dois atores: *Control Center* e *User*. É importante ressaltar que tanto esses dois atores quanto os outros serão apresentados mais abaixo. Os recursos relevantes de controle e gerenciamento de informações necessários para combater o *Aedes aegypti* são indicados, reforçando a ideia de a população estar sempre ativa para relatar emergências que podem ser atendidas pelo *Control Center*.

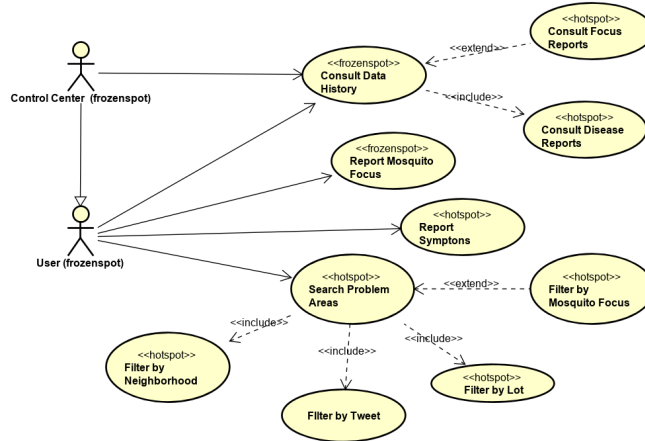
No *Measure Focus*, o *Control Center* desempenha um papel fundamental na verificação das informações de atribuição de tarefas. A base para os casos de uso começa com o recebimento de notificações, que podem ser fornecidas por sensores ou pelo relatório/denúncia de pessoas (conforme mostrado na [Figura 28](#)). O agente executa as medidas designadas e realiza rotinas, conforme ilustrado na [Figura 29](#).

O *Patient Focus* tem uma visão mais clínica, focada no diagnóstico médico, como o início do ciclo de combate de *Aedes aegypti* através do *Control Center* da *Health Entity*, para coletar possíveis notificações que são passadas aos agentes responsáveis.

As [Figuras 28, 29, 30 e 31](#) mostram o diagrama de casos de uso para os quatro focos diferentes, conforme explicado anteriormente. Usou-se estereótipos *frozenspot* e *hotspot*, com um significado semelhante à [Tabela 3](#), ou seja, eles indicam atores que podem estar presentes ou não em sistemas concretos, ou casos de uso que podem ser implementados ou não em aplicações concretas de combate a mosquitos.

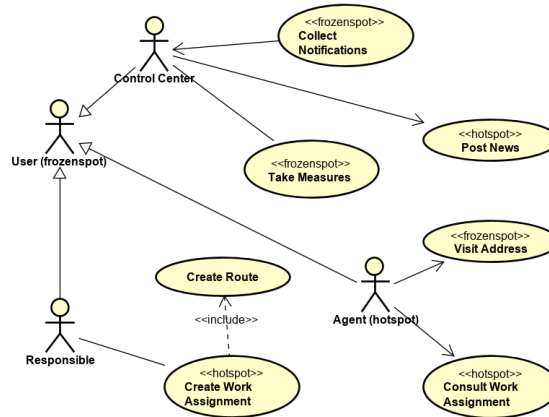
Os nomes dos atores foram renomeados e unificados, sempre que necessário, de acordo com a nomenclatura utilizada na prática, tentando generalizar o máximo possível, pois em alguns casos nomes diferentes aparecem na literatura com o mesmo significado. Por exemplo, o *Endemics Department* da [Figura 16](#) é o mesmo que o *Diseases Center Control* da [Figura 25](#), e o nome final adotado foi *Control Center*.

Figura 28 – Diagrama de Casos de Uso para o Consult Focus



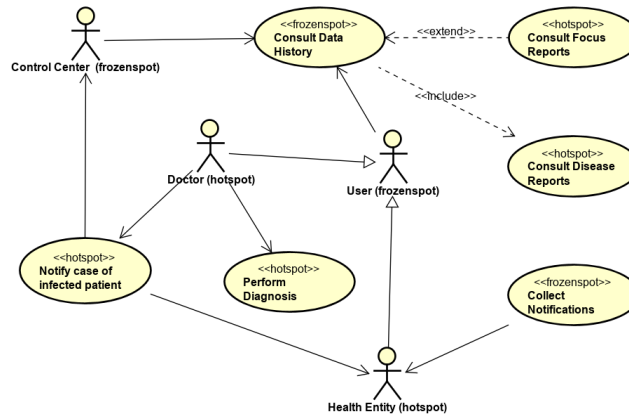
Fonte: Elaboração do autor

Figura 29 – Diagrama de Casos de Uso para o Measures Focus



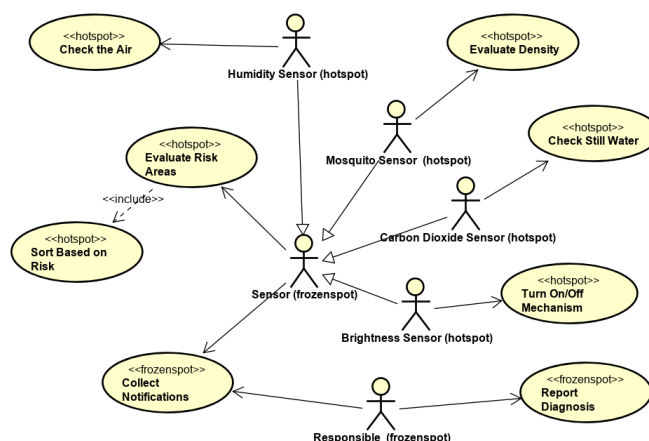
Fonte: Elaboração do autor

Figura 30 – Diagrama de Casos de Uso para o Patient Disease Focus



Fonte: Elaboração do autor

Figura 31 – Diagrama de Casos de Uso para o Sensor Focus



Fonte: Elaboração do autor

Depois de unificar os nomes dos atores, foram obtidos os seguintes atores:

- **Control Center:** Responsável por coordenar o departamento endêmico e toda a vigilância epidemiológica em geral;
- **Health Entity:** unidade de atendimento onde os pacientes são tratados e onde são coletadas informações sobre eles;
- **User:** cidadão comum que pode observar condições ambientais favoráveis à proliferação de mosquitos e relatá-las por meio de um aplicativo *mobile* ou aplicativo da Web. Eles também podem relatar sintomas de doenças e se beneficiar de relatórios sobre notificações de surtos de dengue ou outras doenças causadas por mosquitos;
- **Doctor:** ele é responsável por diagnosticar um paciente com sintomas de alguma doença transmitida por *Aedes aegypti* e informar o *Control Center*;
- **Responsible:** ele é um supervisor geral, que coordena as atividades de combate ao *Aedes aegypti*. Ele elabora e planeja serviços diários, passando instruções aos agentes de Saúde;
- **Agent:** ele inicia o trabalho básico de combate ao *Aedes aegypti*, fazendo visitas domiciliares e notificando os dados coletados ao Responsável;
- **Sensor:** dispositivo que detecta condições climáticas e ambientais como temperatura, luz, umidade, dióxido de carbono (que atrai *Aedes aegypti*), entre outras informações que podem ser úteis no combate ao mosquito.

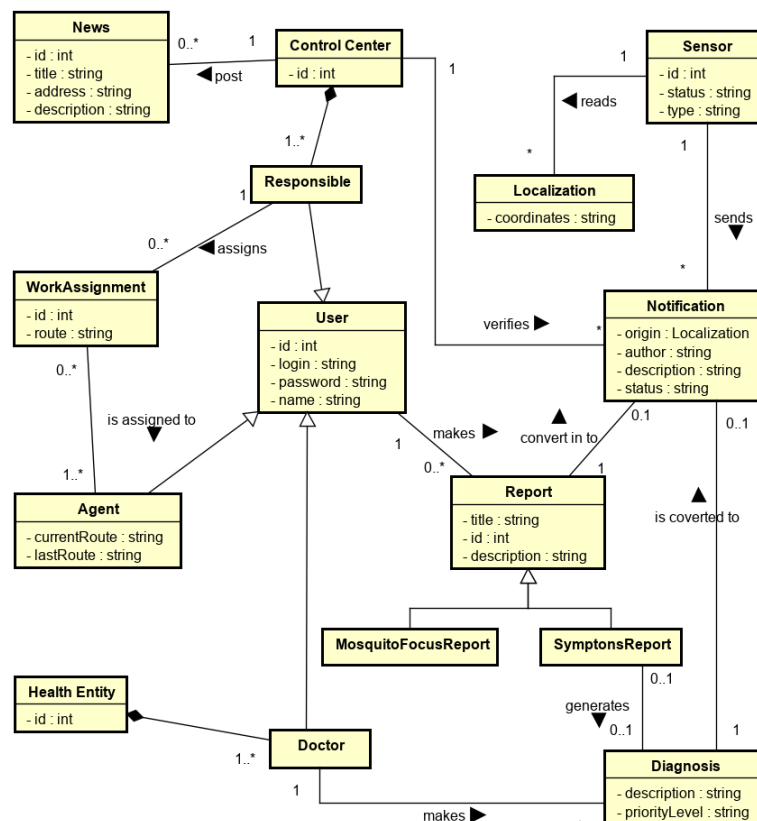
Uma breve descrição de cada caso de uso é fornecida a seguir e pode ser usada como uma elicitación inicial de requisitos para o domínio (os atores que interagem com cada caso de uso estão em letras maiúsculas).

- **ID 1 - Consult Data History:** O USER deve poder consultar registros históricos de casos das doenças na cidade;
- **ID 2 - Report Symptons:** O USER deve poder registrar suas informações (como sintomas) para um possível diagnóstico a ser dado por um DOCTOR;
- **ID 3 - Search problem areas:** O USER deve poder buscar áreas com denúncia de focos de mosquito e dados coletados por sensores que levam à suspeita de mosquitos contaminados por vírus. A busca deve ser feita de acordo com critérios pré-estabelecidos (filtros);
- **ID 4 - Consult work assignment:** O AGENT deve poder consultar as tarefas atribuídas a ele, por exemplo visualizando rotas a serem executadas em um determinado dia (tais como casas a visitar para pulverizar inseticidas ou coletar recipientes que retêm água);
- **ID 5 - Create work assignment:** RESPONSIBLE deve poder criar rotas a serem executadas e atribuí-las a um ou mais AGENTS;
- **ID 6 - Post News:** O CONTROL CENTER deve poder enviar atualizações em tempo real aos USERS sobre surtos ou outras notícias importantes;
- **ID 7 - Take Measures:** O CONTROL CENTER deve ser capaz de identificar e relatar casos de doenças (pode ser por meio de reclamações, leitura de sensores etc.) e selecionar medidas para combatê-los;
- **ID 8 - Visit Address:** O AGENT deve poder visitar endereços para tomar medidas para combater a dengue;
- **ID 9 - Collect Notifications:** O RESPONSIBLE deve poder transmitir as informações do USER ou SENSOR em tempo real para alguma unidade de armazenamento de dados;
- **ID 10 - Report Mosquito Focus:** O USER deve poder identificar áreas favoráveis às condições do mosquito e reportar por meio de formulários e fotos;
- **ID 11 - Notify case of infected patient:** O DOCTOR deve poder passar informações sobre pacientes infectados;
- **ID 12 - Perform diagnosis:** O DOCTOR deve poder avaliar o diagnóstico com base nas evidências transmitidas pelo USER do sistema;
- **ID 13 - Evaluate Density:** O SENSOR deve ser capaz de detectar condições, como por exemplo avaliar a densidade de mosquitos;
- **ID 14 - Check the Air:** O SENSOR deve ser capaz de detectar condições tais como avaliar a umidade e a temperatura do ar;

- **ID 15 - Check still water:** O SENSOR deve ser capaz de detectar condições tais como água parada para a criação de mosquitos;
- **ID 16 - Evaluate risk areas:** o sistema deve ser capaz de classificar, agrupar e avaliar áreas baseadas em riscos que conduzam à proliferação da dengue e outras doenças causada por mosquitos;
- **ID 17 - Report diagnosis:** RESPONSIBLE deve ser capaz de descrever e relatar um caso de doença já diagnosticado;
- **ID 18 - Sort based on risk:** o sistema deve poder analisar os sintomas e as áreas de risco do paciente e classificar por prioridade;
- **ID 19 - Turn on/off mechanisms:** o sistema deve ser capaz de detectar condições como brilho para ativar/desativar os SENSORS dos mecanismos de detecção de mosquitos.

Os requisitos listados acima representam um conjunto significativo do domínio, embora sejam descritos apenas em alto nível e exijam uma especificação mais detalhada para permitir sua implementação concreta. A [Figura 32](#) mostra o modelo conceitual dos requisitos listados.

Figura 32 – Modelo conceitual com base nos quatro Focos



Fonte: Elaboração do autor

Como mencionado anteriormente, a intenção deste trabalho é destacar os recursos relacionados ao uso da IoT para melhorar o combate ao *Aedes aegypti*, facilitando, assim, a elicitação de requisitos. No entanto, é evidente que esses recursos, como por exemplo informações a respeito da umidade ou do número de mosquitos *Aedes aegypti* presentes em um certo local, podem ser obtidas a partir da leitura de sensores. É importante notar que a infraestrutura IoT necessária para isso está fora do escopo deste mestrado e deve ser projetada por especialistas na área de redes. Por exemplo, deve-se estabelecer os protocolos, tipos de sensores e gateway apropriados. Além disso, deve ser avaliado onde o processamento será feito, na FOG, na CLOUD ou na EDGE (Bierzynski; Escobar; Eberl, 2017).

Atributos de cada classe precisam ser incluídos durante o desenvolvimento concreto de aplicações, o que pode ser baseado no modelo conceitual. Esse modelo representa a união de todos os focos apresentados anteriormente, formando um modelo unificado no qual pode-se abstrair os principais requisitos deste projeto, como representado na Figura 32.

4.2.4 Avaliação e Análise de Resultados

Para avaliar os requisitos/modelos descritos neste Capítulo, que são referentes ao contexto brasileiro de combate a doenças causadas pelo mosquito *Aedes aegypti*, foi realizada uma primeira avaliação com outro profissional do departamento de Saúde pública de uma cidade localizada no estado de São Paulo. Ela é chefe da Seção de Apoio à Vigilância em Saúde e Informação da cidade e é bióloga com doutorado em entomologia.

Como informado na Subseção 4.2.1, os requisitos foram baseados principalmente na entrevista com um profissional de Saúde de outro Estado brasileiro, bem como nas informações coletadas na revisão da literatura, portanto, o objetivo foi verificar novamente se os requisitos foram corretamente entendidos e traduzidos, de fato, em requisitos funcionais (validação de requisitos).

Nesta avaliação, o profissional foi solicitado a responder uma pesquisa composta por 26 perguntas, com o objetivo de detectar se cada ator e caso de uso proposto era adequado no contexto de sistemas para combater doenças causadas por mosquitos como o *Aedes aegypti*. O questionário foi revisado para facilitar seu entendimento por pessoas fora da área de Computação, e está disponível para quem desejar contribuir para validar melhor os requisitos¹. No total, o questionário possui sete perguntas relacionadas aos atores e 19 questões relacionadas aos casos de uso listados na Subseção 4.2.3.

Primeiramente, foi abordada a importância de cada um dos atores identificados:

1. **Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao *Aedes aegypti*?**

¹ <<https://forms.gle/RW28e3U8RSEaEmSv7>>

2. Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com o cenário de combate ao *Aedes aegypti*?

Havia três sub-perguntas para cada pergunta sobre os casos de uso:

1. Esse recurso está disponível nos sistemas que você conhece?
2. Qual a importância de uma característica como essa nos sistemas de combate às doenças transmitidas por mosquitos?
3. Quão apropriada é a funcionalidade, isto é, quanto está alinhada com o cenário de combate ao *Aedes aegypti*?

A pergunta número 1 das questões referentes aos casos de uso, pode ter três respostas possíveis “Sim”, “Não” e “Não sei”. Já todas as outras questões, tanto referentes aos casos de uso quanto referente aos atores, podem ser respondidas de acordo com um grau, representado por uma escala de um a cinco (Quadro 3). Segundo Souza, Cunha e Torres (2009), as escalas de medição servem como meio de mapeamento, para possibilitar o entendimento relacionado ao comportamento das entidades por intermédio da manipulação de dados. O Quadro 3 representa a escala de avaliação das métricas utilizada nesta avaliação.

Quadro 3 – Escala de medição das métricas

Escala
(1) Muito Baixo
(2) Baixo
(3) Médio
(4) Alto
(5) Muito Alto

Notou-se que das 19 questões relacionadas aos requisitos/casos de uso, apenas quatro (cerca de 21%) apontam para soluções existentes já desenvolvidas nos sistemas disponíveis aos centros públicos de controle de epidemias. Isso motiva a condução de mais trabalhos para preencher essa lacuna, pois essas soluções serviriam a muitas cidades que lutam contra o mosquito. A avaliadora também deixou alguns comentários sobre o assunto, o que ajudou a reforçar os problemas encontrados no MSL.

Considerando que a entrevistada possui mais de 15 anos de experiência atuando nessa área, conhecendo bem os padrões adotados em nível nacional, sua opinião foi um fator importante na avaliação dos modelos. O fato dela ter considerado o ator/caso de uso como Alto ou Muito Alto no contexto de sistemas para combater/prevenir doenças de mosquitos é um indício relevante de que os modelos estão de acordo com os requisitos reais. Essa era a expectativa deste trabalho,

uma vez que todas as cidades brasileiras seguem os mesmos padrões e têm requisitos semelhantes em relação a esses sistemas.

É importante ressaltar que esses resultados foram os mais importantes para este trabalho. O formulário da avaliação, de forma completa, está disponível no [Apêndice A](#).

4.3 Considerações Finais

Neste Capítulo foram expostos os principais resultados deste trabalho de mestrado. Nele, foram explorados os resultados do MSL feito no [Capítulo 3](#), bem como um auxílio com especialista na área para elaboração de requisitos, e outro especialista para avaliar o entendimento do autor desta dissertação. Este Capítulo teve por objetivo melhorar a compreensão geral a respeito de sistemas de combate ao *Aedes aegypti*.

É importante ressaltar que algumas das perguntas da entrevista com o profissional de saúde em relação e avaliação de requisitos, possuem cunho pessoal existe uma chance dessas mesmas perguntas serem respondidas de maneira diferente por outros profissionais de saúde isso pode ser encarado como uma ameaça a validade.

O próximo Capítulo aborda a aplicação de parte desses requisitos. Nele, é mostrada uma aplicação teórico-prática por meio da prototipação de um framework que utiliza parte dos recursos abordados neste Capítulo, e posteriormente, uma inspeção avaliativa é feita pelo autor.

PROTÓTIPO DO COMGYPTI FRAMEWORK

5.1 Considerações iniciais

Neste Capítulo, são descritas as etapas conduzidas para alcançar o terceiro objetivo de pesquisa apresentado na [Seção 1.4](#), isto é, **Objetivo Específico 03** — *Construir um protótipo de framework de domínio específico para alavancar o reúso em sistemas de combate a *Aedes aegypti*, com base nos artefatos resultantes da análise de domínio apresentada neste trabalho*. Portanto, esta parte do trabalho está focada em apresentar um estudo teórico-prático, desenvolvendo um protótipo de Framework com o nome de ComGypti, para evidenciar a viabilidade de reúso dos requisitos apresentados no [Capítulo 4](#).

O restante do Capítulo está organizado da seguinte forma: a [Seção 5.2](#) apresenta as etapas e a arquitetura do ComGypti. A partir das seções posteriores à [5.2](#), o processo de prototipação do ComGypti é apresentado de maneira incremental, utilizando uma abordagem *top-down*, partindo da definição da arquitetura com base nos casos de uso apresentados no [Capítulo 4](#), que foram transformados em serviços. Em seguida, é apresentada a descrição em alto nível desses serviços na [Seção 5.3](#), com cada subseção recebendo o nome de um caso de uso utilizado. Na [Seção 5.4](#), é apresentado um exemplo de funcionalidade do ComGypti que de fato foi implementada na prática. Na [Seção 5.5](#), é apresentada uma inspeção avaliativa do ComGypti. Por fim, na [Seção 5.6](#), são feitas as considerações finais do Capítulo.

5.2 Etapas e Arquitetura do Protótipo

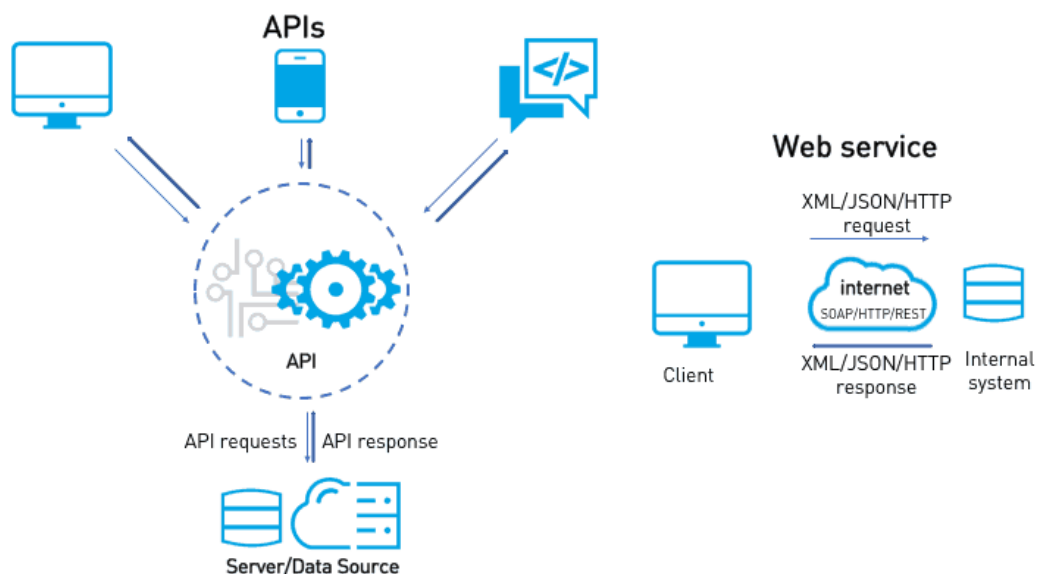
Para facilitar a desenvolvimento de futuros sistemas de combate ao *Aedes aegypti* baseados nos modelos e requisitos gerados neste trabalho, optou-se por prototipar um framework que possa nortear essa atividade, pois frameworks possuem uma estrutura flexível à modifi-

cações. Assim, diferentemente de sistemas de software em que todas as funcionalidades são pré-determinadas, diferentes pontos são deixados em aberto e podem ser modificados/incrementados de acordo com a necessidade do desenvolvedor.

O protótipo teve como ponto de partida os modelos de domínio apresentados no capítulo anterior, mais especificamente na Seção 4.2.3: o modelo conceitual e os modelos de casos de uso (*Consult Focus*, *Measures Focus*, *Patient Disease Focus* e *Sensor Focus*), bem como a documentação associada. Foi utilizado para processo de prototipação padrões da linguagem *Evolving Frameworks* apresentada na Seção 2.4. Foram eles: o *Three examples*, pois se baseou em três aplicações, o *White box framework*, pois primeiramente foi feita abstração do que era comum entre essas três aplicações, o *Black box framework* na medida que foi criando os serviços a serem compartilhados, e o *Hotspots* visto que alguns hotspots já foram previstos no processo de modelagem.

O primeiro passo para a construção do protótipo foi escolher os casos de uso prioritários baseados na análise de domínio. O próximo passo foi projetar uma arquitetura SOA que facilitasse a comunicação entre diferentes funcionalidades (em formas serviços) do ComGypti. Essa arquitetura pode ser caracterizada como a arquitetura de uma API que utiliza *Web Services* com requisições HTTP. Na Figura 33, é ilustrada a arquitetura de uma API e um *Web Service*, o que serviu de base para a arquitetura do ComGypti.

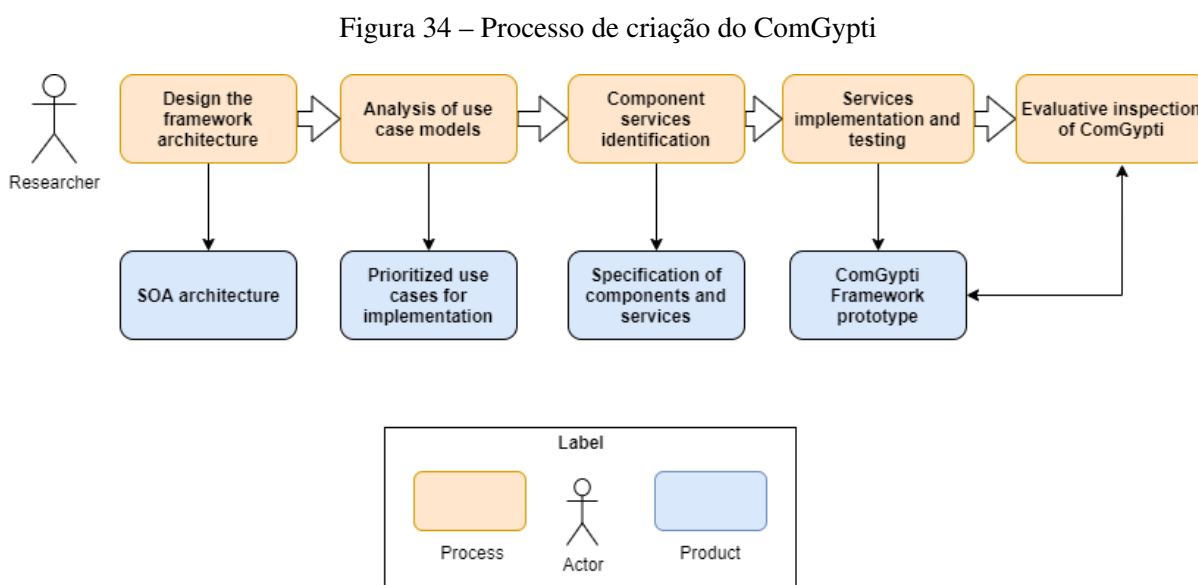
Figura 33 – API + Web Service



Fonte: <https://testautomationresources.com>

Em seguida, foi feita uma análise dos casos de uso do capítulo anterior, e posteriormente a identificação de serviços desses casos de uso, que foram agrupados em componentes de acordo com as funcionalidades providas por eles, funcionalidades estas que foram transformadas em serviços. Dentre esses serviços, foram escolhidos os *hotspots* e *frozenspots*, também baseados

na análise de domínio. Em seguida, foram feitos alguns testes funcionais locais. Por último, foi feita uma inspeção de cobertura de requisitos do framework. O resumo desse passo a passo está ilustrado na [Figura 34](#).

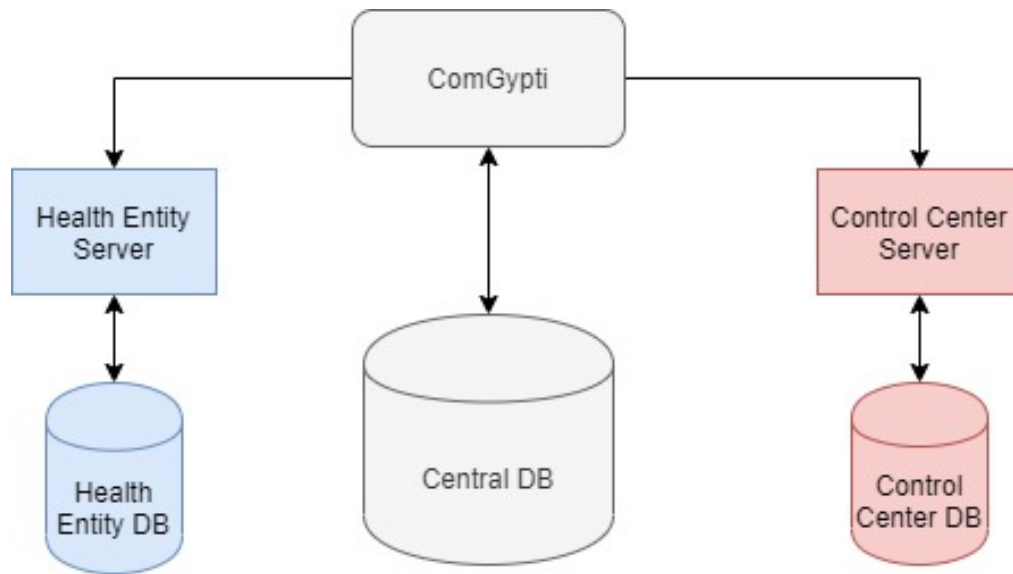


Fonte: Elaboração do autor

Os serviços existentes atuam nas funcionalidades dos casos de uso, e todos possuem operações de CRUD, além de necessitarem de serviços de autenticação e georreferenciamento de outros frameworks/bibliotecas.

A [Figura 35](#) fornece a visão geral em relação aos bancos de dados utilizados. Na figura, é possível observar que foram utilizados três bancos de dados para os diferentes pacotes. Dois bancos de dados referem-se Health Entity e Control Center do ComGypti, respectivamente Control Center DB e Health Entity DB, que possuem dados essenciais dos pacientes e de focos do mosquito. Esses dois pacotes oferecem um conjunto de serviços para serem chamados via *endpoint*. O Central DB pertence ao núcleo do ComGypti e serve como uma interface de transmissão/recepção de informações e autenticação.

Figura 35 – Bancos de dados do ComGypti



Fonte: Elaboração do autor

É importante ressaltar que os dados dos pacientes são informações sensíveis e reguladas. Mecanismos de segurança para essas informações estão fora do escopo desta dissertação, embora seja uma preocupação relevante. Em um framework real, seria necessário prover mecanismos para manter de forma anônima dados dos pacientes, para não expô-los.

Como o ComGypti é um framework que opera apenas na camada de aplicação, as informações a respeito do combate ao *Aedes aegypti* serão tratadas apenas em alto nível. Foram selecionadas algumas funcionalidades apresentadas na análise de domínio, baseado na importância que o especialista na área atribuiu para cada caso de uso (isso será abordado na Seção 5.5). Com isso, espera-se mostrar a viabilidade de implementação do framework de maneira prática, mesmo sem abranger todas as funcionalidades elencadas. Em razão do tempo limitado para esta pesquisa de mestrado, foi escolhido um subconjunto de serviços para ser implementado no ComGypti, ficando como trabalhos futuros a implementação completa dos serviços.

5.3 Casos de uso e serviços implementados no ComGypti

Para cada caso de uso priorizado pelo profissional da Saúde na análise de domínio, foi criado um serviço que implementa operações necessárias para o funcionamento do caso de uso (cada serviço recebeu o mesmo nome do caso de uso). Por exemplo, o caso de uso *Consult Data History* (Seção 5.3.1), desempenha as funcionalidades explicadas no caso de uso. Como padrão, as operações de CRUD (do inglês *Create, Read, Update, Delete*) e todas as outras chamadas de serviço do ComGypti foram estabelecidas pela formação do endpoint **nome do caso de uso + identificação/operação**, por exemplo `http://comgypti.app/consultDataHistory/cidadeId`.

Exemplos de *endpoints* estão detalhados em cada subseção desta seção. Ainda, é importante ressaltar que, devido a trivialidade, operações de CRUD não foram expostas neste trabalho. Para melhor organizar o texto, as listagens de código fonte referentes aos serviços foram disponibilizadas no [Apêndice B](#), e o número da listagem respectiva é fornecida no subtítulo de cada seção.

É importante ressaltar que um sistema efetivo que utilize IoT no combate ao mosquito *Aedes aegypti* incluiria o desenvolvimento de diversos componentes, como sensores e *hardware* específicos para tal fim, em conjunto com o software associado. No escopo deste mestrado, que tem por objetivo oferecer serviços para construir sistemas desse tipo, apresenta-se apenas um subconjunto da totalidade de serviços necessários, ficando a parte de *hardware* fora dos limites do trabalho.

Primordialmente, o ComGypti apresenta um serviço de login (que foi reutilizado do framework Django) para se autenticar no banco de dados central (esse banco de dados será posteriormente abordado nesta seção). É um serviço em que se identifica o nível de acesso do usuário (*Listing 1*). Os outros serviços estão listados nas subseções seguintes (5.3.1 a 5.3.9), as quais mostram uma descrição em alto nível dos serviços do ComGypti originados a partir dos casos de uso priorizados, sendo os de maior prioridade conforme analisado pelo especialista na área de Saúde, como descrito no Capítulo anterior. Dentre esses priorizados, foram escolhidos os que envolvem IoT ou que são básicos e necessários para que os demais funcionem. É importante lembrar que, para o melhor entendimento das subseções seguintes, deve-se observar os JSONs (do inglês *JavaScript Object Notation*) do [Apêndice B](#), que correspondem a cada um dos casos de uso listados como serviços.

Nas seções seguintes, o subconjunto de 9 casos de uso selecionados são apresentados com uma breve descrição, parâmetros de entrada e saída e possíveis *hotspots*. Mesmo para casos de uso considerados mandatórios em quaisquer instâncias do ComGypti, portanto classificados como *frozenspots*, pode haver internamente ao caso de uso algum *hotspot*, ou seja, algum ponto em que o caso de uso possa ser personalizado para cada instância do ComGypti. É importante ressaltar que o protótipo não cobre totalmente as funcionalidades descritas nos casos de uso, nem todos foram de fato foram implementados.

5.3.1 [Frozenspot] Consult Data History (*Listing 2*)

- **Descrição e/ou Rotina do ComGypti:** Cidadão Comum (usuário do sistema, *User*) pode consultar o número de casos por doença, bem como número total de casos das doenças transmitidas pelo *Aedes Aegypti*. Isso serve para ele poder se conscientizar sobre a gravidade do problema e tomar as medidas cabíveis. Quando o usuário consulta, é necessário especificar o período que deseja (no caso, o ano de referência).
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como parâmetro de entrada, o serviço recebe o *id* da

cidade. Como saída, é listado o histórico de casos de doenças daquela cidade. Por exemplo, pode-se usar serviço para saber quantos casos de dengue existem na cidade, pois é a principal doença que o *Aedes aegypti* transmite, como já mencionado em capítulos anteriores. Entretanto pode-se requisitar outras doenças ou mais de uma delas. O *default* é mostrar todas as doenças existentes na cidade que informou como parâmetro.

- **Hotspot(s):** Pode ser desejável, em certas cidades, integrar esse sistema ao dos hospitais, para acompanhamento da evolução do paciente (internado, alta, óbito, etc.). Esse poderia ser um ponto de variação a ser implementado no ComGypti e ao instanciá-lo o desenvolvedor deveria informar se deseja ou não essa integração.

5.3.2 [Hotspot] Search Problem Areas (Listing 3)

- **Descrição e/ou Rotina do ComGypti:** O User pode buscar áreas com denúncia de focos de mosquito e dados coletados por sensores para evitar a contaminação pelos vírus, de acordo com a área desejada;
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Deve-se ter como entrada a área desejada (id da cidade e bairro), uma doença que se está procurando e a periodicidade (se está procurando dados do último dia, semana, mês, etc). O serviço retornará o número de casos dessa doença. Todos os parâmetros dos filtros de área são opcionais. Em caso de ausência total deles, são retornadas todas as áreas problemáticas da cidade inteira;
- **Hotspot(s):** Não se aplica.

5.3.3 [Hotspot] Post News (Listing 4)

- **Descrição e/ou Rotina do ComGypti:** Permite que o sistema envie atualizações em tempo real (como últimos casos de dengue, etc) aos usuários em um horário especificado;
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como entrada, coloca-se um título, uma descrição para a notícia, o endereço de onde ocorreu, e autor da notícia. A saída é um valor booleano que indica se foi possível publicar a notícia com êxito;
- **Hotspot(s):** Na versão default, as notícias ficam disponíveis para quem quiser acessar no sistema. Uma variação poderia ser implementada futuramente para permitir um mecanismo de assinatura, em que os usuários registram seu interesse em receber (por email ou SMS) todas as notícias postadas.

5.3.4 [Frozenspot] Take Measures (Listing 5)

- **Descrição e Rotina do ComGypti:** A Health Entity pode identificar e notificar casos de dengue (pode ser através de reclamações, sensores etc.) e selecionar medidas para combatê-las;
- **Parâmetro(s) e/ou entrada/saída:** Como entrada, deve ser fornecida a identificação da notificação (*id*, após ela ser realizada). O serviço gera como saída uma medida a ser tomada;
- **Hotspot(s):** Existe variação em relação aos tipos de medida que podem ser tomadas. A medida *default* é o *visit address*, mas pode ser substituída, por exemplo, por uma medida de jogar inseticidas na área problemática, ou qualquer outra que o programador do framework tenha adicionado como opção.

5.3.5 [Hotspot] Notify Infected Patient (Listing 6)

- **Descrição e Rotina do ComGypti:** O Doctor pode notificar sobre pacientes infectados;
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como entradas, as informações do paciente e sintomas, bem como o nome da doença que o paciente foi diagnosticado. Isso serve apenas como preenchimento de relatório, não possuindo uma saída *default*;
- **Hotspot(s):** Não se aplica.

5.3.6 [Hotspot] Evaluate Mosquito Density (Listing 7)

- **Descrição e Rotina do ComGypti:** O Sensor pode detectar condições, como avaliar a densidade dos mosquitos. Estas informações ficam registradas em relatório (*report*);
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como entrada, deve-se passar o tipo do sensor e os *ids* dos sensores para os quais ele irá atuar em conjunto para fazer um alerta. Como saída, tem-se a leitura dos sensores para permitir tomada de decisão;
- **Hotspot(s):** Como ponto de variação, pode-se implementar futuramente um mecanismo para permitir que, na instância do ComGypti, sejam especificados outros sensores cujos valores serão combinados para permitir a tomada de decisão. Além disso, deve ser configurável o limite aceitável de número de mosquitos que não caracterizaria possível foco.

5.3.7 [Hotspot] Check the air humidity (Listing 8)

- **Descrição e Rotina do ComGypti:** O Sensor pode detectar condições, como avaliar a umidade e a temperatura do ar, para profissionais qualificados poderem identificar áreas propícias a proliferação do mosquito;
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como entrada, deve-se passar o tipo do sensor e os *ids* dos sensores para os quais ele irá atuar em conjunto para fazer um alerta. Como saída, tem-se a leitura dos sensores para permitir tomada de decisão;
- **Hotspot(s):** Como ponto de variação, pode-se implementar futuramente um mecanismo para permitir que, na instância do ComGypti, sejam especificados outros sensores cujos valores serão combinados para permitir a tomada de decisão.

5.3.8 [Hotspot] Check still water (Listing 9)

- **Descrição e Rotina do ComGypti:** O Sensor pode detectar condições como água parada para a criação de mosquitos;
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como entrada, deve-se passar o tipo do sensor e os *ids* dos sensores para os quais ele irá atuar em conjunto para fazer alerta. Como saída, tem-se a leitura dos sensores para permitir tomada de decisão;
- **Hotspot(s):** Como ponto de variação, pode-se implementar futuramente um mecanismo para permitir que, na instância do ComGypti, sejam especificados outros sensores cujos valores serão combinados para permitir a tomada de decisão. Além disso, deve ser configurável o limite aceitável de umidade que não caracterizaria possível foco.

5.3.9 [Frozenspot] Report Diagnosis (Listing 10)

- **Descrição e Rotina do ComGypti:** O ComGypti pode relatar um caso de doença já diagnosticado para algum Control Center;
- **Parâmetro(s) de entrada/saída:** Como entrada, deve-se passar os dados e gravidade do diagnóstico. Não há parâmetros de saída;
- **Hotspot(s):** Não se aplica.

5.4 Um exemplo de Instanciação

Foi construído, na prática, baseado principalmente na [Seção 5.3](#), uma pequena parte do ComGypti, a fim de ilustrar a utilidade de sua instanciação para um determinado fim (mais

especificamente a parte referente a sensores). Para isso, foram necessários alguns pré-requisitos por parte do implementador, como por exemplo: nível básico na linguagem Python 3.7+, conhecimentos básicos de Django e Django REST Framework, e conhecimentos gerais de como uma aplicação Web funciona.

Ainda, é importante salientar que a prototipação em questão foi desenvolvida utilizando outro framework para linguagem Python, Django REST Framework. Os comportamentos padrões desse framework quando o ComGypti é instanciado são herdados do Django.

Para implementação dos serviços, foi utilizado o protocolo HTTP (do inglês *Hypertext Transfer Protocol*), com os métodos GET, POST, PUT e DELETE. No ComGypti, esses métodos HTTP possuem como propósito geral:

- **GET:** Retornar os componentes de um *endpoint*. Caso seja passado um *id* como parâmetro, retornará o recurso que possua o *id* especificado;
- **POST:** Normalmente usado sem passagem de parâmetro — usado na criação de um novo registro, são passados os atributos que se deseja incluir no serviço;
- **PUT:** Usado para atualizar atributos de um recurso (por exemplo uma denúncia de foco de mosquito): utilizado geralmente com passagem de *id* como parâmetro;
- **DELETE:** Usado para remover o recurso (por exemplo uma notificação de um paciente infectado), é utilizado geralmente com passagem de parâmetro por *id*.

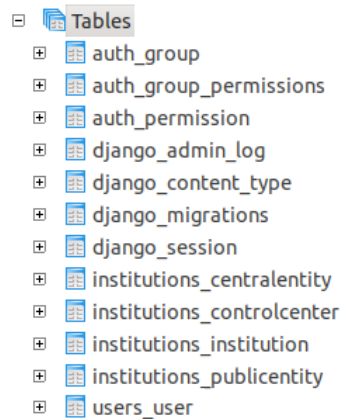
É importante lembrar que esses métodos são utilizados para consumir qualquer serviço via qualquer *frontend* de consumação de serviços — como o Postman¹, que foi utilizado neste trabalho). No ComGypti foram inseridos serviços de geolocalização do Google Maps, presentes em outro projeto do Github².

Assim que instanciado, o comportamento *default* do ComGypti é procurar os endereços especificados dos três bancos de dados ilustrados na Figura 35, o *CentralDB*, *HealthEntityDB*, *ControlCenterDB*. Caso os bancos de dados estejam vazios, o sistema criará as tabelas automaticamente (Figuras 36, 37 e 38).

¹ <https://www.postman.com/>

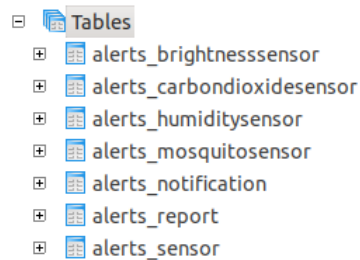
² <https://github.com/googlemaps/google-maps-services-python>

Figura 36 – Tabela Mapeada pelo ComGypti para CentralDB



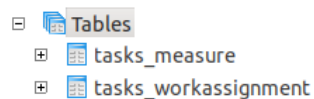
Fonte: Elaboração do autor

Figura 37 – Tabela Mapeada pelo ComGypti para o ControlCenterDB



Fonte: Elaboração do autor

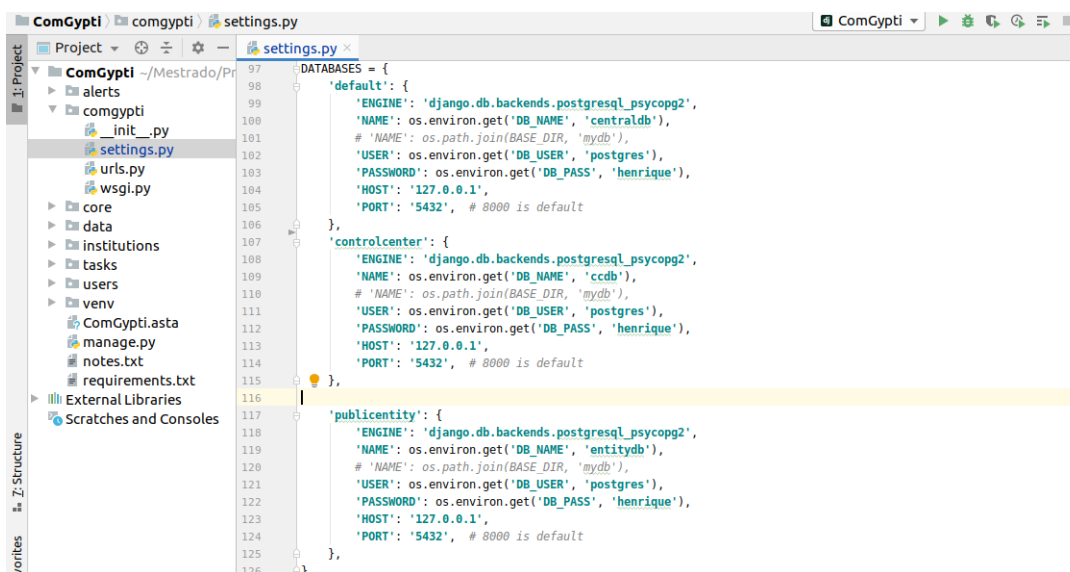
Figura 38 – Tabela Mapeada pelo ComGypti para o HealthEntityDB



Fonte: Elaboração do autor

Esses bancos de dados foram configurados apenas localmente a fim de testes. Neles, foram feitas as configurações ilustradas na [Figura 39](#). Basicamente, esta figura trata-se de configurar parâmetros de ambiente, senhas, hosts, etc.

Figura 39 – Configuração local dos Bancos de Dados



```

97 DATABASES = {
98     'default': {
99         'ENGINE': 'django.db.backends.postgresql_psycopg2',
100         'NAME': os.environ.get('DB_NAME', 'centraldb'),
101         # 'NAME': os.path.join(BASE_DIR, 'mydb'),
102         'USER': os.environ.get('DB_USER', 'postgres'),
103         'PASSWORD': os.environ.get('DB_PASS', 'henrique'),
104         'HOST': '127.0.0.1',
105         'PORT': '5432', # 8000 is default
106     },
107     'controlcenter': {
108         'ENGINE': 'django.db.backends.postgresql_psycopg2',
109         'NAME': os.environ.get('DB_NAME', 'ccdb'),
110         # 'NAME': os.path.join(BASE_DIR, 'mydb'),
111         'USER': os.environ.get('DB_USER', 'postgres'),
112         'PASSWORD': os.environ.get('DB_PASS', 'henrique'),
113         'HOST': '127.0.0.1',
114         'PORT': '5432', # 8000 is default
115     },
116     'publicentity': {
117         'ENGINE': 'django.db.backends.postgresql_psycopg2',
118         'NAME': os.environ.get('DB_NAME', 'entitydb'),
119         # 'NAME': os.path.join(BASE_DIR, 'mydb'),
120         'USER': os.environ.get('DB_USER', 'postgres'),
121         'PASSWORD': os.environ.get('DB_PASS', 'henrique'),
122         'HOST': '127.0.0.1',
123         'PORT': '5432', # 8000 is default
124     },
125 },
126

```

Fonte: Elaboração do autor

Os bancos de dados foram configurados no servidor local *http://localhost:8080* (que neste trabalho foi simplificado para *comgypti.app*), e os modelos *institutions*, *tasks*, *users*, e *alerts* foram criados. A Figura 40 mostra a saída do *console* terminal após a criação desses modelos.

Figura 40 – Modelos que são criados após a instanciação do ComGypti

```

Migrations for 'institutions':
institutions/migrations/0001_initial.py
- Create model Institution
- Create model CentralEntity
- Create model ControlCenter
- Create model PublicEntity

Migrations for 'tasks':
tasks/migrations/0001_initial.py
- Create model WorkAssignment
- Create model Measure

Migrations for 'users':
users/migrations/0001_initial.py
- Create model User

Migrations for 'alerts':
alerts/migrations/0001_initial.py
- Create model Sensor
- Create model BrightnessSensor
- Create model CarbonDioxideSensor
- Create model HumiditySensor
- Create model MosquitoSensor
- Create model Report
- Create model Notification

```

Fonte: Elaboração do autor

Os serviços implementados foram baseados no diagrama de sequência UML representado na [Figura 27](#) da etapa referente à análise de domínio ([Capítulo 4](#)). O fluxo desses serviços é ilustrado pelas Figuras [41](#), [42](#) e [43](#). Todavia, é importante salientar que o presente exemplo de instanciação foi bastante simplificado e precisa ser aperfeiçoado em trabalhos futuros. O fluxo desses serviços do protótipo ocorre por meio dos seguintes passos:

1. Consultar sensores com os argumentos desejados via endpoint *comgypti.app/sensors/**, isso engloba os casos de uso que possuem sensores como atuantes, e retornará uma lista de registros. Alguns argumentos, caso não setados, virão com um comportamento *default* (que pode ser setado como nulo). Alguns valores *default*:
 - a) *time_unity*: setado como "HOUR";
 - b) *match_alert*: representa a possibilidade de combinar o sensor com outros sensores, pode ser nulo caso não ocorra combinação.
2. Em seguida, é possível consultar os relatórios de alerta (Consult Data History) por meio do endpoint *comgypti.app/reports/**, no qual é setada a entidade onde são gerados os relatórios (como um centro de controle de doenças), bem como os dados sobre o status do alerta configurado. O destino dos alertas é setado como *default* para uma unidade de centro de controle de doenças caso ele esteja preenchido como nulo. Alguns valores que podem variar:
 - a) *report_generated_by*: pode ser "Sensor"(sistema reativo, ou seja, quando o sensor atinge um certo limite o sistema é alertado) ou "Human"(sistema proativo, ou seja, qualquer pessoa pode fazer uma denúncia, ou o responsável pelo *Control Center* pode solicitar a leitura dos sensores a qualquer momento);
 - b) *report_status*: "NOT_SOLVED" ou "SOLVED";
 - c) *message*: "DEFAULT_MESSAGE", pode ser configurada uma mensagem de alerta padrão;
 - d) *destiny*: dependendo do *id* do destino, o ComGypti carrega as informações do centro de controle de doenças mais próximo. É possível também configurar os critérios (que devem ser criados pelo próprio usuário do framework) de proximidade também;

Figura 41 – Comunicação entre sensores cadastrados e ComGypti — Postman (Parte 01)

```

GET http://localhost:8080/ComGypti/sensor/getAll
Send

Pretty Raw Preview Visualize JSON
3   "id": 1,
4   "type": "mosquito_sensor",
5   "tolerance_value": 37.5,
6   "frequency": {
7     "time_unity": "HOUR",
8     "value": 8.0
9   },
10  "match_alert": {
11    "sensor_ids": [
12      2,
13      3
14    ],
15    "values": [
16      23.0,
17      30.0
18    ]
19  },
20  "last_reading": "2020-03-01T19:13:38.142+0000",
21  "localization": {
22    "latitude": -14.658585,
23    "longitude": 42.698536,
24    "description": "Terreno na Vila Madalena"
25  },
26  "alert": false,
27  "notification": {
28    "priority": "HIGH",
29    "destination": "CONTROL_CENTER"
30  }

```

Fonte: Elaboração do autor

Figura 42 – Comunicação entre sensores cadastrados e ComGypti — Postman (Parte 02)

```

GET http://localhost:8080/ComGypti/sensor/getAll
Send

Pretty Raw Preview Visualize JSON
28  "priority": "HIGH",
29  "destination": "CONTROL_CENTER",
30  "id_destination": 51,
31  "active": false,
32  "localization": {
33    "latitude": -14.658585,
34    "longitude": 42.698536,
35    "description": "Terreno na Vila Madalena"
36  },
37  "description": "Many mosquitoes are passing in this hot and humid region"
38  },
39  "last_read_value": 0.0
40  },
41  {
42    "id": 2,
43    "type": "mosquito_sensor",
44    "tolerance_value": 29.3,
45    "frequency": {
46      "time_unity": "DAY",
47      "value": 1.0
48    },
49    "match_alert": null,
50    "last_reading": "2020-03-01T19:13:38.142+0000",
51    "localization": {
52      "latitude": -14.458582,
53      "longitude": 42.198735,
54      "description": "Brejo no Parque Thiranguera"

```

Fonte: Elaboração do autor

Figura 43 – Comunicação entre sensores cadastrados e ComGypti — Postman (Parte 03)



```
1  [
2  {
3    "report_id": 65,
4    "report_generated_by": "Sensor",
5    "alert": {
6      "sensor_id": 1,
7      "automatic_report": true,
8      "message": "DEFAULT MESSAGE",
9      "priority": "HIGH"
10   },
11   "destiny": {
12     "id": 4,
13     "name": "Sao Paulo CDC",
14     "responsible": "Paulo Faria"
15   },
16   "report_status": "NOT_SOLVED"
17 }
18 ]
```

Fonte: Elaboração do autor

Em resumo, esta seção descreveu um exemplo de utilidade do ComGypti em relação ao uso de dados sensoriais. Ao se solicitar serviços do ComGypti, haverá um alerta vinculado a um tipo de sensor. Esse sensor pode estar vinculado a outros sensores que regularmente irão analisar os dados de acordo com a periodicidade escolhida. O ComGypti levará em consideração atributos como lugar, status, e prioridade de alerta. Assim, cabe ao desenvolvedor personalizar como irá tratar tais casos no sistema que irá desenvolver utilizando o framework ou simplesmente deixar valores e comportamentos *default*.

5.5 Avaliação do Protótipo

A presente avaliação foi realizada visando analisar a cobertura dos requisitos descritos em alto nível, abordados nesta dissertação. Trata-se de uma inspeção quantitativa, feita pelo próprio autor do projeto, que foi elaborada de acordo com a avaliação dos requisitos com um especialista na área de combate ao *Aedes aegypti* (o mesmo profissional descrito no Capítulo anterior). Deve-se ressaltar que esta é uma primeira avaliação, dentre diversas outras que podem ser feitas para ter mais indícios de que o protótipo atende os requisitos funcionais e não-funcionais definidos pelos clientes. Outras avaliações são sugeridas como trabalhos futuros.

Para avaliar a cobertura dos requisitos, baseado nas respostas do especialista na área, métricas quantitativas foram criadas para mensurar o quanto o ComGypti se adéqua às necessidades reais de um sistema de combate ao *Aedes aegypti* usando recursos de IoT.

5.5.1 Planejamento e Definição da Avaliação

Para avaliação foi utilizado o método GQM¹ que, de acordo com [Prikladnicki e Wange-nheim \(2008\)](#), permite definir e fornecer um melhor entendimento sobre processos, ambientes, produtos, etc, pela análise e interpretação dos dados coletados, facilitando o estabelecimento de bases para a comparação.

As três etapas para a execução do método GQM são: (i) Objetivo: listar os objetivos desejados; (ii) Questão: obter de cada objetivo as perguntas que serão respondidas, para ser possível constatar se o objetivo foi alcançado; (iii) Métrica: nesta etapa, deve-se decidir o que deverá ser medido (o que será avaliado) para que seja possível responder às perguntas criadas na etapa Questão. O [Quadro 4](#) ilustra a aplicabilidade deste experimento.

Quadro 4 – GQM

Dimensão	Definição	Aplicação
Objeto de estudo	O que será analisado	ComGypti
Objetivo/Propósito	Motivo pelo qual o objeto será analisado	Para ter indicativos de que é útil para o público alvo
Foco de Qualidade	Atributo do objeto que será analisado	Requisitos do ComGypti
Ponto de vista	Visão de quem usará os dados obtidos	Pesquisador
Ambiente/Contexto	Contexto inserido	Desenvolvimento de aplicações no domínio

Os critérios para avaliar o ComGypti levam em consideração dois atributos, sendo eles: cobertura dos requisitos estabelecidos no [Capítulo 4 \(Quadro 5\)](#), e a adequação ao cenário de combate ao *Aedes aegypti* junto com os Recursos IoT ([Quadro 6](#)). A forma com que esses atributos selecionados serão avaliados é apresentada a seguir.

Quadro 5 – Objetivo de Avaliação 1

Análise:	ComGypti
Para:	Avaliação
Quanto à:	Cobertura de Requisitos
Na visão:	Pesquisador
No contexto:	Dos elementos/características do Framework

Objetivo 1: Verificar se os requisitos atendem às expectativas de cobertura de requisitos.

Questão 1: Os requisitos que o ComGypti cobre são considerados úteis?

Métricas para realização da Questão 1:

»**M1.1:** Número de requisitos de alta prioridade;

¹ GQM em inglês: *goal, question, metric*, e em tradução para o português: objetivo, pergunta e métrica

*M1.2: Número de requisitos de média prioridade;

*M1.3: Número de requisitos de baixa prioridade.

Questão 2: Os requisitos cobrem aspectos importantes que não são cobertos por outros sistemas existentes?

Métricas para realização da Questão 2:

*M2.1: Número de requisitos de alta prioridade que não são cobertos nos sistemas existentes de combate ao *Aedes aegypti*;

*M2.2: Número de requisitos de média prioridade que não são cobertos nos sistemas existentes de combate ao *Aedes aegypti*;

*M2.3: Número de requisitos de baixa prioridade que não são cobertos nos sistemas existentes de combate ao *Aedes aegypti*.

Quadro 6 – Objetivo de Avaliação 2

Análise:	ComGypti
Para:	Avaliação
Quanto à:	Adequação ao cenário de combate ao <i>Aedes aegypti</i> + Recursos IoT
Na visão:	Pesquisador
No contexto:	Dos elementos/características do Framework

Objetivo 2: Verificar a adequação do requisitos em relação ao framework desenvolvido.

Questão 3: Os requisitos cobertos pelo ComGypti estão adequados ao cenário do *Aedes aegypti*?

Métricas para realização da Questão 2:

*M3.1: Número de requisitos de alta prioridade que estão devidamente adequados ao cenário;

*M3.2: Número de requisitos de média prioridade que estão devidamente adequados ao cenário;

*M3.3: Número de requisitos de baixa prioridade que estão devidamente adequados ao cenário.

Questão 4: O quanto estão inseridos recursos IoT na cobertura de requisitos?

Métricas para realização da Questão 4:

*M4.1: Número de casos de usos (do total) que foram cobertos;

*M4.2: Número de requisitos em que se tem consumo de funcionalidades de GPS;

*M4.3: Número de requisitos em que se tem consumo de tecnologias de *smartphones*;

※**M4.4:** Número de requisitos em que se tem consumo de dados de Sensores;

5.5.2 Resultados e Análise

Primeiramente, foi feito um levantamento geral sobre as características do ComGypti, baseados no total de informações obtidas:

- **Número total de requisitos:** 19;
- **Número de requisitos abordados no ComGypti:** 9 (nove);
- **Número total de alta prioridade:** 16;
- **Número total de média prioridade:** 2 (dois);
- **Número total de baixa prioridade:** 1 (um).

Então, conforme estabelecido na subseção anterior, e respondendo ao esquema de GQM, baseada no ComGypti, teve-se como resultado:

- **Métrica 1.1:** O ComGypti cobre 9 requisitos colocados como alta prioridade de 16 de alta prioridade, resultando em 56,26%, mais de metade dos requisitos de alta prioridade;
- **Métrica 1.2:** O ComGypti cobre 0 requisitos colocados como média prioridade de um total de 2, resultando em 0,00%;
- **Métrica 1.3:** O ComGypti cobre 0 requisitos colocados como baixa de um total de 0, resultando em 100,00%;
- **Métrica 2.1:** O ComGypti cobre 9 requisitos colocados como alta prioridade e que não foram cobertos em sistemas conhecidos, de um total de 9, resultando em 100,00% (total cobertura);
- **Métrica 2.2:** O ComGypti cobre 0 requisitos colocados como média prioridade e que não foram cobertos em sistemas conhecidos, de um total de 2, resultando em 0,00% (nenhuma cobertura);
- **Métrica 2.3:** O ComGypti cobre 0 requisitos colocados como baixa prioridade e que não foram cobertos em sistemas conhecidos, de um total de 1, resultando em 0,00% (nenhuma cobertura);
- **Métrica 3.1:** O ComGypti cobre 9 requisitos colocados como alta prioridade e que estão devidamente adequados ao cenário do *Aedes aegypti*, de um total de 9, resultando em 100,00%;

- **Métrica 3.2:** O ComGypti cobre 0 requisitos colocados como média prioridade e que estão devidamente adequados ao cenário do *Aedes aegypti*, de um total de 2, resultando em 0,00%;
- **Métrica 3.3:** O ComGypti cobre 0 requisitos colocados como baixa prioridade e que não foram cobertos em sistemas conhecidos, de um total de 1, resultando em 0,00%.
- **Métrica 4.1:** O ComGypti cobre 9 requisitos colocados de um total de 19, resultando em 47,37%, quase a metade dos requisitos totais levantados nesta dissertação;
- **Métrica 4.2:** Como funcionalidades de GPS podem ser incluídas em quase qualquer parte do protótipo, como localização de onde ocorreu uma denúncia, endereço, em grande parte dos requisitos são cabíveis esses recursos de GPS.
- **Métrica 4.3:** *Report Diagnosis, Notify Infected Patient, Take Measures, Post News, Consult Data History* são casos de uso que podem ser executadas por meio de um *smartphone*, considera-se que 5 de 9 requisitos (55,56%, a maioria) levantados no ComGypti, envolvem de forma relevante a parte de recursos de *smartphone*, recursos esses muito importantes para aplicações IoT no combate ao *Aedes aegypti*;
- **Métrica 4.4:** O caso de uso *Search Problem Areas* é utilizado para encontrar áreas problemáticas que podem ter sido denunciadas utilizando informações de sensores, por exemplo o sensor de mosquito. Logo, o caso de uso faz aliança com *Evaluate Mosquito Density, Check Air Humidity, e Check Still Water* que diretamente detectam condições favoráveis ao mosquito, e *Take Measures*, em que as medidas podem ser tomadas a partir da denúncias feitas com dados de sensores. Portanto, considera-se que 5 de 9 requisitos (55,56%, a maioria) levantados no ComGypti, envolvem de forma relevante a parte de sensores, um recurso importante para aplicações IoT no combate ao *Aedes aegypti*;

Sobre as métricas de prefixo 1, (1.1, 1.2 e 1.3), os resultados mostram a qualidade dos requisitos, pois, dos 19 levantados, apenas 3 não foram considerados de alta prioridade, ou seja, 15,79%. Por isso eles não foram trabalhados, e assim não foram inseridos no protótipo do framework.

A respeito das métricas de prefixo 2 (2.1, 2.2, 2.3), é possível perceber que a prototipação desse framework preocupou-se na inovação e importância de requisitos. Os casos de uso que apresentavam funcionalidades de alto grau de importância e inovação foram cobertos.

Em relação as métricas de prefixo 3 (3.1, 3.2, 3.3), foi possível observar que as funcionalidades do ComGypti foram bem inseridas na cenário real de combate ao *Aedes aegypti*, pois foi dado enfoque principalmente nas funcionalidades que impactam de fato no combate ao mosquito.

Por fim, foram medidas as métricas de prefixo 4 (4.1, 4.2, 4.3, 4.4) em relação a inserção de recursos IoT. Foi possível notar que todas as métricas resultaram em mais de 50% de inserção, isso mostra a preocupação com a adequação ao tema.

5.6 Considerações Finais

Como foi possível observar neste Capítulo, o ComGypti foi proposto com base nos resultados do mapeamento sistemático e análise de domínio apresentados no [Capítulo 3](#) e [Capítulo 4](#), respectivamente. Como trata-se apenas de um protótipo de um framework e não sendo esse completo, ele foi inspecionado pelo próprio autor desta dissertação, para verificar a cobertura de requisitos e do uso de recursos IoT, e não pela usabilidade dele em si (isso ficará para trabalhos futuros).

É esperado que este Capítulo dê um norte para quem quiser modificar o ComGypti na prática para atender suas necessidades, ou até mesmo para basear o desenvolvimento de outros frameworks com tecnologias diferentes. No Capítulo seguinte, são feitas as conclusões gerais sobre esta dissertação de mestrado.

CONCLUSÃO

6.1 Visão Geral da Pesquisa e Contribuições

O combate ao *Aedes aegypti* certamente ainda é um desafio global e precisa de mais atenção. Os pesquisadores de tecnologia já se preocuparam em adaptar novos paradigmas, como a IoT, neste combate.

Por meio do MSL apresentado neste estudo, publicado em um artigo em evento internacional (SILVA; BRAGA, 2019), foi possível observar que o monitoramento de informações é essencial nos sistemas de combate à dengue, e a IoT desempenha um papel essencial para apoiá-lo. O MSL realizado pode ser útil para pesquisadores interessados em desenvolver soluções para controle, combate e prevenção de doenças, principalmente as transmitidas por mosquitos. Futuros pesquisadores podem se beneficiar dos estudos encontrados na literatura que resultaram do MSL.

Além disso, em relação à segunda contribuição deste trabalho, o MSL foi utilizado como fonte de informações sobre sistemas de apoio ao combate ao *Aedes aegypti*, o que permitiu apresentar artefatos resultantes de uma análise de domínio realizada posteriormente. Espera-se que esses artefatos sejam úteis para entender melhor como a IoT pode ser empregada nesse domínio.

Já em relação à terceira contribuição deste trabalho, o ComGypti foi prototipado como base na aplicação prática da análise de domínio sobre sistemas de apoio ao combate ao *Aedes aegypti*, o que permitiu apresentar como os modelos gerados na segunda contribuição deste trabalho poderiam virar um produto, que no caso foi o ComGypti. Espera-se que os serviços implementados sirvam de base para departamentos de TI e entidades como prefeituras e órgãos de Saúde desenvolverem software para tal domínio.

6.2 Limitações

É importante também ressaltar que é possível identificar algumas limitações no presente trabalho. Um dos principais motivos dessas limitações existirem é o escopo e o tempo de um mestrado. Pode-se identificar como limitações deste trabalho:

- A análise de domínio considerou apenas três exemplos, e estes não tinham documentação adequada disponível, portanto foi feita uma lista de requisitos com base no que se pôde deduzir a partir da leitura dos artigos selecionados. Para diminuir o impacto dessa limitação, os requisitos foram posteriormente complementados com os resultados da entrevista com o profissional de saúde. De qualquer forma, uma análise levando em consideração sistemas reais bem documentados poderia produzir outros resultados;
- O protótipo foi implementado utilizando conceitos de SOA, mas por limitações e restrições do projeto não houve acesso a elementos de hardware como sensores e GPS, os quais foram apenas simulados;
- Não foi implementada uma camada de interface gráfica com o usuário para que o protótipo pudesse ser demonstrado com facilidade. Ao invés disso, a execução das chamadas aos serviços precisa ser feita via linha de comando;
- A validação dos modelos foi feita apenas com uma profissional da saúde. Novas validações estão listadas como trabalhos futuros e poderão trazer aperfeiçoamentos nos modelos.

6.3 Trabalhos Futuros

Existem várias oportunidades para trabalhos futuros. Entre os trabalhos adicionais que podem ser realizados, destacam-se:

- Avaliar outros sistemas existentes nesse domínio e aprimorá-los com base em requisitos que não estão presentes na proposta deste mestrado, mas que podem ser incorporados durante uma futura manutenção ou reengenharia;
- Estender o estudo para considerar a análise de dados das informações coletadas dos sensores para melhorar a tomada de decisão pelas agências de Saúde;
- Aplicar a avaliação com outros profissionais de saúde e vigilância epidemiológica do Brasil para validar melhor os requisitos no contexto brasileiro;
- Analisar diferentes contextos (outros países, por exemplo) onde há doenças transmitidas por mosquitos, na tentativa de ampliar e generalizar os resultados, contribuindo também para validar melhor os modelos;

- Definir uma arquitetura de referência para esse domínio, que pode ser instanciada para produzir arquiteturas de software concretas.
- Implementar mais funcionalidades no ComGypti e fazer uma avaliação detalhada seguindo outros critérios de qualidade, como por exemplo usabilidade, confiabilidade e segurança;
- Utilizar os conceitos de Sistemas-de-Sistemas (SoS-do inglês *System-of-Systems*) (MAIER, 1998) na implementação de um sistema alternativo que implemente os requisitos obtidos no Capítulo 4. Um SoS direcionado seria uma opção ao ComGypti, em que comportamentos emergentes poderiam ser obtidos a partir de composição de diversos sistemas constituintes independentes operacionalmente e gerencialmente. O *Control Center* poderia atuar como o controlador do SoS, e os demais sistemas como colaboradores para obter informações importantes para prever/combater epidemias de doenças causadas por mosquitos.

Outro ponto interessante seria criar um documento formal para o ComGypti. Isso poderia ser feito por meio do estudo detalhado deste trabalho e aprofundamento em cada caso de uso. Assim, seria possível aperfeiçoar o framework e facilitar sua integração com dados de sistemas de saúde existentes.

REFERÊNCIAS

- AL-FUQAHA, A.; GUIZANI, M.; MOHAMMADI, M.; ALEDHARI, M.; AYYASH, M. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, IEEE, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, 2015. Citado nas páginas [30](#), [31](#), [32](#) e [33](#).
- ALBERTIN, A. L.; ALBERTIN, R. M. de M. A internet das coisas irá muito além as coisas. **GV-executivo**, v. 16, n. 2, p. 12–17, 2017. Citado na página [26](#).
- ALI, Z. H.; ALI, H. A.; BADAWY, M. M. Internet of things (iot): Definitions, challenges and recent research directions. **International Journal of Computer Applications (0975–8887) Volume**, 2015. Citado na página [30](#).
- AMARASINGHE, A.; SUDUWELLA, C.; ELVITIGALA, C.; NIROSHAN, L.; AMARAWERA, R. J.; GUNAWARDANA, K.; KUMARASINGHE, P.; ZOYSA, K. D.; KEPPETIYAGAMA, C. A machine learning approach for identifying mosquito breeding sites via drone images. In: ACM. **Proceedings of the 15th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems**. [S.l.], 2017. p. 68. Citado nas páginas [27](#), [48](#), [52](#), [53](#), [55](#) e [56](#).
- ANDRADE, L. H.; AMORIM, B. S.; OLIVEIRA, M. G.; ALVES, A. L.; ABRANTE, J. N.; LEITE, D. F.; ROCHA, J. H.; BAPTISTA, C. S. Deuzikachico: the power of agi to monitor and combat epidemics such as dengue, zika and chikungunya. In: BRAZILIAN COMPUTER SOCIETY. **Proceedings of the XII Brazilian Symposium on Information Systems on Brazilian Symposium on Information Systems: Information Systems in the Cloud Computing Era-Volume 1**. [S.l.], 2016. p. 50. Citado nas páginas [15](#), [48](#), [51](#), [53](#), [55](#), [63](#), [64](#) e [65](#).
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. **Computer networks**, Elsevier, v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010. Citado nas páginas [29](#), [30](#), [31](#), [32](#), [33](#) e [34](#).
- BENITO, G. A. V.; LICHESKI, A. P. Sistemas de informação apoiando a gestão do trabalho em saúde. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Associação Brasileira de Enfermagem, v. 62, n. 3, 2009. Citado na página [26](#).
- BHATT, S.; GETHING, P. W.; BRADY, O. J.; MESSINA, J. P.; FARLOW, A. W.; MOYES, C. L.; DRAKE, J. M.; BROWNSTEIN, J. S.; HOEN, A. G.; SANKOH, O. *et al.* The global distribution and burden of dengue. **Nature**, Nature Publishing Group, v. 496, n. 7446, p. 504, 2013. Citado na página [25](#).
- BHUPTANI, M.; MORADPOUR, S. **RFID field guide: deploying radio frequency identification systems**. [S.l.]: Prentice Hall PTR, 2005. Citado na página [31](#).
- Bierzynski, K.; Escobar, A.; Eberl, M. Cloud, fog and edge: Cooperation for the future? In: **2017 Second International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)**. [S.l.: s.n.], 2017. p. 62–67. Citado na página [76](#).
- BIGGERSTAFF, T.; RICHTER, C. Reusability framework assessment and directions software reusability. **ACM Press**, v. 1, 1989. Citado na página [34](#).

- BRAGA, R. T. V. **Um processo para construção e instanciação de frameworks baseados em uma linguagem de padrões para um domínio específico**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2002. Citado na página 38.
- CHEN, S.; XU, H.; LIU, D.; HU, B.; WANG, H. A vision of iot: Applications, challenges, and opportunities with china perspective. **IEEE Internet of Things journal**, IEEE, v. 1, n. 4, p. 349–359, 2014. Citado na página 27.
- COMPTON, M.; HENSON, C. A.; LEFORT, L.; NEUHAUS, H.; SHETH, A. P. A survey of the semantic specification of sensors. **2nd International Workshop on Semantic Sensor Networks at 8th International Semantic Web Conference**, 2009. Citado na página 30.
- DEREMER, F.; KRON, H. H. Programming-in-the-large versus programming-in-the-small. **IEEE Transactions on Software Engineering**, IEEE, n. 2, p. 80–86, 1976. Citado na página 35.
- DERHAMY, H.; ELIASSON, J.; DELSING, J.; PRILLER, P. A survey of commercial frameworks for the internet of things. In: IEEE COMMUNICATIONS SOCIETY. **IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation: 08/09/2015-11/09/2015**. [S.l.], 2015. Citado nas páginas 27, 35, 39 e 40.
- DIGIAMPIETRI, L. A.; ARAÚJO, J. C.; OSTROSKI, É. H.; SANTIAGO, C. R. N.; ALCÁZAR, J. d. J. P. Combinando workflows e semântica para facilitar o reuso de software. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 20, n. 2, p. 73–89, 2013. Citado na página 34.
- FAYAD, M.; SCHMIDT, D. C. Object-oriented application frameworks. **Communications of the ACM**, ACM, v. 40, n. 10, p. 32–38, 1997. Citado nas páginas 36, 37, 38 e 39.
- FAYAD, M. E. Introduction to the computing surveys' electronic symposium on object-oriented application frameworks. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM, v. 32, n. 1es, p. 1, 2000. Citado na página 36.
- FAYAD, M. E.; SCHMIDT, D. C.; JOHNSON, R. E. **Building application frameworks: object-oriented foundations of framework design**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1999. Citado nas páginas 36 e 37.
- FINKENZELLER, K. **RFID handbook: fundamentals and applications in contactless smart cards, radio frequency identification and near-field communication**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010. Citado na página 31.
- FRAKES, W. B.; KANG, K. Software reuse research: Status and future. **IEEE transactions on Software Engineering**, Ieee, v. 31, n. 7, p. 529–536, 2005. Citado na página 35.
- FROEHLICH, G.; HOOVER, H. J.; LIU, L.; SORENSON, P. *et al.* Hooking into object-oriented application frameworks. In: CITESEER. **International Conference on Software Engineering**. [S.l.], 1997. v. 97, n. 8, p. 491. Citado na página 40.
- GIFFINGER, R.; PICHLER-MILANOVIĆ, N. **Smart cities: Ranking of European medium-sized cities**. [S.l.]: Centre of Regional Science, Vienna University of Technology, 2007. Citado na página 32.
- GUBLER; DUANE. The economic burden of dengue. **The American journal of tropical medicine and hygiene**, ASTMH, v. 86, n. 5, p. 743–744, 2012. Citado na página 25.

- GUBLER, J. D. Epidemic dengue/dengue hemorrhagic fever as a public health, social and economic problem in the 21st century. **Trends in microbiology**, Elsevier, v. 10, n. 2, p. 100–103, 2002. Citado na página 25.
- HE, H. What is service-oriented architecture. 2003. Disponível em: <<https://www.xml.com/pub/a/ws/2003/09/30/soa.html>>. Acesso em: 15/05/2020. Citado na página 42.
- HOROWITZ, E.; MUNSON, J. **An expansive view of reusable software, Software reusability: vol. 1, concepts and models**. [S.l.]: ACM Press, New York, NY, 1989. Citado na página 35.
- JOHNSON, R. E.; FOOTE, B. Designing reusable classes. **Journal of object-oriented programming**, v. 1, n. 2, p. 22–35, 1988. Citado nas páginas 36, 37, 38 e 39.
- KIM, Y.; STOHR, E. A. Software reuse: survey and research directions. **Journal of Management Information Systems**, Taylor & Francis, v. 14, n. 4, p. 113–147, 1998. Citado na página 34.
- KRANENBURG, R. V.; BASSI, A. Iot challenges. **Communications in Mobile Computing**, Springer, v. 1, n. 1, p. 9, 2012. Citado nas páginas 27 e 29.
- KRUEGER, C. W. Software reuse. **ACM Computing Surveys (CSUR)**, ACM, v. 24, n. 2, p. 131–183, 1992. Citado nas páginas 34 e 35.
- LEE, I.; LEE, K. The internet of things (iot): Applications, investments, and challenges for enterprises. **Business Horizons**, Elsevier, v. 58, n. 4, p. 431–440, 2015. Citado nas páginas 29, 30, 31, 32, 33 e 34.
- LI, W.; SVÄRD, P. Rest-based soa application in the cloud: a text correction service case study. In: IEEE. **2010 6th World Congress on Services**. [S.l.], 2010. p. 84–90. Citado nas páginas 42 e 43.
- MAIER, M. W. Architecting principles for systems-of-systems. In: **INCOSE Int. Symp.** [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1998. v. 1, p. 565–573. ISSN 1520-6858. Citado na página 101.
- MATTHEWS, J.; KULKARNI, R.; GERLA, M.; MASSEY, T. Rapid dengue and outbreak detection with mobile systems and social networks. **Mobile Networks and Applications**, Springer, v. 17, n. 2, p. 178–191, 2012. Citado nas páginas 15, 26, 27, 48, 49, 53, 55, 57, 65 e 67.
- MIORANDI, D.; SICARI, S.; PELLEGRINI, F. D.; CHLAMTAC, I. Internet of things: Vision, applications and research challenges. **Ad hoc networks**, Elsevier, v. 10, n. 7, p. 1497–1516, 2012. Citado na página 27.
- NUNES, J.; PIMENTA, D. A epidemia de zika e os limites da saúde global. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, York, p. 21–46, 2016. Citado na página 25.
- ORGANIZATION, W. H. *et al.* **Dengue and severe dengue**. 2019. Disponível em: <<https://www.who.int/health-topics/dengue-and-severe-dengue>>. Acesso em: 15/01/2019. Citado na página 25.
- PAPAZOGLU, M. P.; GEORGAKOPOULOS, D. Service-oriented computing. **Communications of the ACM**, v. 46, n. 10, p. 25–28, 2003. Citado na página 42.

- PAUTASSO, C.; ZIMMERMANN, O.; LEYMAN, F. Restful web services vs. big' web services: making the right architectural decision. In: ACM. **Proceedings of the 17th international conference on World Wide Web**. [S.l.], 2008. p. 805–814. Citado na página 43.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: **EASE**. [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77. Citado nas páginas 28 e 45.
- PREE, W. Hot-spot-driven framework development. **Building Application Frameworks: Object-Oriented Foundations of Framework Design**, v. 2, p. B1, 1995. Citado na página 40.
- PRIKLADNICKI, R.; WANGENHEIM, C. O uso de jogos educacionais para o ensino de gerência de projetos de software. **FEES-Fórum de Educação em Engenharia de Software**, p. 37–45, 2008. Citado na página 93.
- RAGHAVENDRA, C. S.; SIVALINGAM, K. M.; ZNATI, T. **Wireless sensor networks**. [S.l.]: Springer, 2006. Citado nas páginas 31 e 32.
- RANI, S.; AHMED, S. H.; SHAH, S. C. Smart health: A novel paradigm to control the chickungunya virus. **IEEE Internet of Things Journal**, IEEE, 2018. Citado nas páginas 26, 27, 50, 52, 53 e 55.
- ROBERTS, D.; JOHNSON, R. *et al.* Evolving frameworks: A pattern language for developing object-oriented frameworks. **Pattern languages of program design**, v. 3, p. 471–486, 1996. Citado nas páginas 28, 40, 41 e 63.
- SALIM, Z. T.; HASHIM, U.; ARSHAD, M. M.; FAKHRI, M. A.; SALIM, E. T. Frequency-based detection of female aedes mosquito using surface acoustic wave technology: Early prevention of dengue fever. **Microelectronic Engineering**, Elsevier, v. 179, p. 83–90, 2017. Citado nas páginas 25, 27, 48, 52, 53 e 55.
- SAREEN, S.; SOOD, S. K.; GUPTA, S. K. Secure internet of things-based cloud framework to control zika virus outbreak. **International journal of technology assessment in health care**, Cambridge University Press, v. 33, n. 1, p. 11–18, 2017. Citado nas páginas 15, 26, 27, 48, 50, 52, 53, 55, 57, 66, 67, 68 e 69.
- SILVA, H.; BRAGA, R. T. V. IoT Applications to Combat Aedes Aegypti: A Systematic Literature Mapping. In: IEEE. **2019 IEEE 32nd International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS)**. [S.l.], 2019. p. 696–701. Citado nas páginas 45 e 99.
- SILVA, J. S.; SCOPEL, I. *et al.* A dengue no brasil e as políticas de combate ao aedes aegypti: da tentativa de erradicação às políticas de controle. **Hygeia: Revista brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia, Grupo de Trabalho de Geografia da Saúde, v. 4, n. 6, 2008. Citado na página 25.
- SOARES, L. Reuso e seus obstáculos na engenharia de software. **Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada**, v. 2, n. 1, 2016. Citado na página 34.
- SOUZA, F. M. de; CUNHA, A. M. da; TORRES, C. Uso do gqm para avaliar documentos de utilização de framework. **Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software**, 2009. Citado na página 77.

SOUZA, V. A. S. M. d. *et al.* Uma arquitetura orientada a serviços para desenvolvimento, gerenciamento e instalação de serviços de rede. **Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, SP**, 2006. Citado nas páginas 42 e 43.

SOUZA, V. M. Identifying aedes aegypti mosquitoes by sensors and one-class classifiers. In: SPRINGER. **Iberoamerican Congress on Pattern Recognition**. [S.l.], 2016. p. 10–18. Citado nas páginas 27, 48, 53 e 55.

VERMESAN, O.; FRIESS, P. **Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems**. [S.l.]: River Publishers, 2013. Citado na página 29.

VERMESAN, O.; FRIESS, P. *et al.* **Internet of things—from research and innovation to market deployment**. [S.l.]: River publishers Aalborg, 2014. v. 29. Citado na página 29.

XIA, F.; YANG, L. T.; WANG, L.; VINEL, A. Internet of things. **International Journal of Communication Systems**, Wiley Online Library, v. 25, n. 9, p. 1101–1102, 2012. Citado na página 26.

YUN, M.; YUXIN, B. Research on the architecture and key technology of internet of things (iot) applied on smart grid. In: IEEE. **Advances in Energy Engineering (ICAEE), 2010 International Conference on**. [S.l.], 2010. p. 69–72. Citado na página 30.

ZHANG, M.; YU, T.; ZHAI, G. F. Smart transport system based on “the internet of things”. In: TRANS TECH PUBL. **Applied mechanics and materials**. [S.l.], 2011. v. 48, p. 1073–1076. Citado na página 30.

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAÇÃO DE REQUISITOS COM ESPECIALISTA



Pesquisa_Aedes aegypti

Perguntas Respostas 1

Seção 1 de 3

Avaliação dos Requisitos de um Sistema para Combate ao Mosquito Aedes-

Esta avaliação refere-se a um conjunto de requisitos para sistemas de combate ao mosquito Aedes aegypti. Direciona-se a profissionais da saúde que tenham cargos ligados direta ou indiretamente ao combate a mosquitos e doenças por eles causadas, como dengue, zika, febre amarela e chikungunya. Em especial, estão sendo considerados sistemas que utilizem a Internet das Coisas (IoT) para auxiliar no combate ao mosquito.

Mais sobre IoT (O que é IoT?): <https://tecnoblog.net/263907/o-que-e-internet-das-coisas/>

São duas partes: uma para avaliar as funções de pessoas/entidades que executam/executarão certo trabalho no Sistema e outra para avaliar as várias funcionalidades do sistema. Na segunda parte, para cada sub-questão, são feitas três perguntas: a primeira para saber se entre os softwares que você utiliza, já existe essa funcionalidade; a segunda, para saber a importância desse requisito em um sistema nessa área; e a terceira para saber se o item está bem descrito. Opcionalmente, você pode complementar sua resposta com o nome do software onde tal funcionalidade está presente ou justificar as respostas dadas para cada pergunta. Ao final da avaliação, fique à vontade para incluir quaisquer outras informações que considerar importantes no contexto desta avaliação.

Nome: *

Texto de resposta curta

Profissão/cargo atual:

Texto de resposta curta

E-mail: *



Local de atuação (Ex: Agente de Saúde em Jataí-

Texto de resposta curta

Após a seção 1 Continuar para a próxima seção

Seção 2 de 3

1 - Atores

Os atores se referem as funções de pessoas/entidades que executam/executarão certo trabalho no

1.1 - Centro de Controle de Doenças

Responsável por coordenar departamento de endemias e toda vigilância epidemiológica no geral.

Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Texto de resposta longa

1.2 - Unidade de Saúde

Unidade de atendimento no qual é feita a recepção do paciente e onde se coleta e se distribui informações sobre eles

Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

1.3 - Cidadão Comum

É responsável por fiscalizar focos de dengue e reportar eles via sistema. Também consultar histórico de dados de casos de dengue, e focos por região.

Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1

2

3

4

5



Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

1.4 - Médico

É responsável por diagnosticar paciente que apresentar sintomas de alguma das doenças transmitidas pelo Aedes aegypti na Unidade de Saúde.

Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):



1.5 - Responsável

É o supervisor geral, que coordena as atividades de combate ao aedes aegypti. Ele elabora, planifica o serviços diários, passando instruções para agentes de Saúde e afins.



Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

1.6 - Agente de Saúde

Inicia trabalho base de combate ao Aedes aegypti, fazendo visitas domiciliares e repassando boletins para o Responsável



Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1

2

3

4

5



devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti:

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

1.7 - Sensor

Detecta condições climáticas e ambientais, como temperatura, luz, umidade, gás carbônico (que atrai o Aedes aegypti)



Qual é o grau de importância desse ator na atuação no cenário de combate ao Aedes *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação do ator, isto é, o quanto a descrição do seu papel está devidamente alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa



Para digitar suas considerações, opcionalmente

1.9 - Você sentiu falta de algum ator nos itens acima? Se sim, qual (is) atores?

Texto de resposta longa

1.10 - Algum comentário geral?

Texto de resposta longa

Após a seção 2 Continuar para a próxima seção



Seção 3 de 3

2 - Casos de Uso



"Caso de uso" é uma funcionalidade fornecida pelo sistema. Cada caso de uso envolve um dos atores acima, ou o próprio sistema executa a ação.

2.1 - Consultar Histórico de dados da doença

Cidadão Comum (usuário do sistema) pode consultar as informações de reclamação de Dengue e os registros do histórico de casos via sistema. Isso servirá para ele poder se conscientizar sobre a gravidade do problema e tomar as medidas cabíveis.



Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei



1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.2 - Reportar sintomas

Um Cidadão Comum (paciente) registra suas informações (como sintomas) para um possível diagnóstico a ser dado por um especialista (médico), para um pré diagnóstico virtual, com o intuito de fazer uma pré-triagem e diminuir o tempo de atendimento médico

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

Sim

Não

Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1

2

3

4

5



Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.3 - Pesquisar áreas problemáticas

O Cidadão Comum deve poder procurar surtos de dengue para evitar a contaminação por vírus, de acordo com a área desejada (como por exemplo, um bairro, endereço específico...)

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *





Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.4 - Consultar rotina de trabalho

O Agente de Saúde deve poder consultar as rotas a serem executadas em um determinado dia (por exemplo, casas a visitar para pulverizar inseticidas ou coletar recipientes que retêm água).



Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-



Texto de resposta longa

2.5 - Criar rotina de trabalho para Agente de Saúde

O Responsável pode criar rotas a serem executadas e atribuí-las a um ou mais Agentes via sistema

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa



O Sistema pode enviar atualizações em tempo real aos usuários do sistema em um horário especificado (como últimos casos de dengue, etc).

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.7 - Tomar Medidas

A Unidade de Saúde pode identificar e denunciar casos de dengue via sistema (pode ser através de reclamações, sensores etc.) e selecionar medidas para combatê-las ,



Sim Não Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.8 - Visitar Endereço

O Agente de Saúde deve poder visitar endereços para tomar medidas para combater a dengue registrar tudo via sistema

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

 Sim Não

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.9 - Coletar Notificações

O Responsável deve ser capaz de transmitir e transmitir informações do usuário ou sensor em tempo real para alguma Unidade de Armazenamento de Dados e as entidades de Saúde podem ter acesso à essas informações via



Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

Sim

Não

Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *



Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao *Aedes aegypti*? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.10 - Reportar Focos de Mosquito

O Cidadão Comum pode identificar áreas com condições favoráveis para o mosquito, e reportar por meio de formulários e fotos via sistema.

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

Sim

Não

Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta?

1

2

3

4

5



1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.11 - Notificar Caso de Paciente Infectado

O Médico pode registrar informações via sistema sobre pacientes infectados.

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

Sim

Não

Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1

2

3

4

5



2.12 - Dar diagnóstico

O Médico pode avaliar o diagnóstico, via sistema, com base nas evidências transmitidas pelo usuário

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.13 - Avaliar densidade de Mosquito

O Sensor pode detectar condições, como avaliar a densidade dos mosquitos voadores. Estas informações ficam



Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta?

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-

2.14 - Checar Umidade do Ar

O Sensor deve ser capaz de detectar condições, como avaliar a umidade e a temperatura do ar, e registrar no sistema, para profissionais qualificados poderem identificar área propícias a proliferação do mosquito.

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei



1

2

3

4

5

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao *Aedes aegypti*? *

1

2

3

4

5

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.15 - Checar quantidade de água

O Sensor pode detectar condições como água parada para a criação de mosquitos, e registrar via sistema

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

Sim

Não

Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1

2

3

4

5



Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.16 - Cálculo de áreas de risco

O Sistema pode classificar, agrupar e avaliar as áreas baseadas no risco que são propícias à proliferação da dengue e outras doenças transmitidas pelo Aedes aegypti

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

1	2	3	4	5
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *



Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.17 - Reportar Diagnóstico

O Sistema pode descrever e relatar um caso de dengue já diagnosticado para alguma Unidade Responsável.

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-



Texto de resposta longa

2.18 - Separar casos de doença baseado no risco

O Sistema pode analisar os sintomas e as áreas de risco do paciente e classificar por prioridade.

Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa



Uma parte do sistema de sensores será desligado com o intuito de economizar energia e cortar custo quando as atividades do mosquito da dengue não estiverem em execução



Esta funcionalidade possui disponibilidade nos sistemas que você conhece? *

- Sim
- Não
- Não sei

Qual a o grau de importância de uma funcionalidade como esta? *

- 1 2 3 4 5
-

Qual é o grau de adequação da funcionalidade, isto é, o quanto ela está alinhada com cenário de combate ao Aedes aegypti? *

- 1 2 3 4 5
-

Comentário (Opcional):

Texto de resposta longa

2.20 - Gostaria de sugerir mais algum caso de uso? Se sim, qual (is) ?

Texto de resposta longa



Deixe suas sugestões

Pergunta

Opção 1

2.22 - Algum comentário geral? (opcional)

Texto de resposta longa



OBJETOS JSON DOS CASOS DE USO

Listing 1 – Serviço de Login. *Endpoint: http://comgypti.app/users/1*

```
1  {
2      "id": 1,
3      "password": "pbkdf2_sha256150000SvsmwGDFgUq3Mq7kjsPeR31
4      j3ZMzh1RK54Lub0r540G5u3onBPitoQc=",
5      "last_login": "2019-11-05T12:47:08.756919Z",
6      "email": "maria_angela123@gmail.com",
7      "date_of_birth": "1997-08-02",
8      "is_active": true,
9      "is_admin": true,
10     "is_agent": false,
11     "is_doctor": false,
12     "is_responsible": false
13 }
```

Listing 2 – Serviço de levantamento de doenças. *Endpoint: http://comgypti.app/diseases/cities/567*

```
1  {
2      "city_id": 567,
3      "year": 2018,
4      "disease": {
5          "dengue": 201,
6          "chikungunya": 33
7      },
8      "total_number_of_infected_patients" : 234
9  }
```

Listing 3 – Serviço de procurar áreas de risco. **Endpoint:**<http://comgypti.app/diseases/cities/498/search>

```
1  {
2      "city_id" : 498,
3      "neighborhood_id" : 5465,
4      "initial_date" : 03/20/2020,
5      "final_date" : 04/20/2020,
6      "reports_received" : 4,
7      "area_filters" : {
8          "mosquito_sensor_registred_values": {
9              "last_day" : 65,
10             "last_week": 411,
11             "last_month": 2059,
12             "humidity" : 333,
13             "temperature" : 30
14             "number_infected_patients" : 200
15         },
16         "disease": "zika"
17     }
```

Listing 4 – Serviço de notícias/atualizações. **Endpoint:**<http://comgypti.app/news>

```
1  {
2      "id": 1,
3      "title": "Alta concentração de mosquitos ao sul do Parque
4      Ibirapuera",
5      "description": "[...]Agentes de Saúde encontraram nesta
6      sexta-feira um grande volume de[...]"
7      "address": "Av. Pedro Álvares Cabral - Vila Mariana,
8      São Paulo - SP, 04094-050",
9      "author": "henriarasilva@usp.br"
10 }
```

Listing 5 – Serviço de levantamento de medidas. **Endpoint:**<http://comgypti.app/notifications/measures>

```
1  {
2      "id": 1,
3      "notification_id": "11",
4      "measure" : {
5          "type": "visit_address",
6          "agent_id" : 5
7      }
8  }
```

Listing 6 – Serviço de identificação de doenças. **Endpoint:**<http://comgypti.app/diseases/city/567>

```
1  {
2      "id": 1,
3      "notification_id": "56",
4      "report_id": "42"
5      "patient_information": {
6          "name": "Fernando Silva",
7          "sympton": "dengue",
8          "description": "0 paciente chegou a unidade[...]"
9      }
10 }
```

Listing 7 – Serviço de sensoreamento de mosquitos. **Endpoint:**<http://comgypti.app/sensors/1>

```
1  {
2      "sensor_id": 1,
3      "type": "mosquito_sensor",
4      "role": "Esse sensor vai enviar as informações para"
5      "coordinate": "41.40338, 2.17403"
6      "status": "activate...",
7      "match_alert_with": {
8          "humidity_sensor" : 23.52,
9      }
10 }
```

Listing 8 – Serviço de sensoreamento de umidade. **Endpoint:**<http://comgypti.app/sensors/7>

```
1  {
2      "sensor_id": 7,
3      "city_id" : 338,
4      "type": "humidity_sensor",
5      "role": "Esse sensor vai enviar as informações para[...]"
6      "coordinate": "11.40028, 7.16409",
7      "status": "activate",
8      "match_alert_with_humidity_sensor": {
9          "mosquito_sensor" : 56.6
10     }
11 }
```

Listing 9 – Serviço de monitoramento de água. **Endpoint:**<http://comgypti.app/sensors/12>

```
1  {
2      "sensor_id": 12,
3      "city_id" : 336,
4      "type": "water_sensor",
5      "role": "Esse sensor vai enviar as informações para"
6      "coordinate": "90.68503, 1.29875"
7      "status": "activate..."
8      "match_alert_with_humidity_sensor" : {
9          "temperature_sensor" : 35.6
10     }
11 }
```

Listing 10 – Serviço de levantamento de diagnósticos. **Endpoint:**<http://comgypti.app/diagnostics/1>

```
1  {
2      "id": 1,
3      "priority_level": "high",
4      "description": "0 paciente chegou a unidade [...]"
5  }
```

