



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

PRISCYLLA DA SILVA TAVARES

**PROPOSTA DE ARQUITETURA BASEADA EM INTERNET DAS COISAS PARA
ANÁLISE DE DADOS DE ARBOVIROSES**

FORTALEZA

2018

PRISCYLLA DA SILVA TAVARES

PROPOSTA DE ARQUITETURA BASEADA EM INTERNET DAS COISAS PARA
ANÁLISE DE DADOS DE ARBOVIROSES

Dissertação apresentada ao Curso de Programa de pós-graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências da Computação. Área de Concentração: Redes de Computadores

Orientador: Prof. Dr. Emanuel Bezerra Rodrigues

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- T232p Tavares, Priscylla da Silva.
Proposta de Arquitetura Baseada em Internet das Coisas para Análise de Dados de Arboviroses / Priscylla da Silva Tavares. – 2018.
67 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Emanuel Bezerra Rodrigues.
1. Internet das Coisas. 2. Análise de dados. 3. Arboviroses. 4. Cidades Inteligentes. 5. Arquitetura. I.
Título.

CDD 005

PRISCYLLA DA SILVA TAVARES

PROPOSTA DE ARQUITETURA BASEADA EM INTERNET DAS COISAS PARA
ANÁLISE DE DADOS DE ARBOVIROSES

Dissertação apresentada ao Curso de Programa de pós-graduação em Ciência da Computação do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Ciências da Computação. Área de Concentração: Redes de Computadores

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Emanuel Bezerra Rodrigues (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Fernando Antonio Mota Trinta
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. José Eurico de Vasconcelos Filho
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Dr. Miguel Franklin de Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À minha família, por seu amor, apoio e por acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado força para superar todos os obstáculos.

À minha mãe, Maria Selma, e meu pai Paulo Kleber, por me darem todo o suporte para chegar até aqui e me ensinaram que só é possível crescer através de estudo e dedicação.

Ao Prof. Dr. Emanuel Bezerra, por ter me orientado durante o mestrado, ter ministrado disciplinas de qualidade, e ter compreendido minha jornada academia/mercado.

À minha família, em especial minha tia Luane, que sempre torceu pelas minhas conquistas.

Ao meu namorado, Pedro Igor, por ter compreendido, confortado e apoiado quando precisei me dedicar aos estudos, durante toda a minha carreira acadêmica e profissional.

Aos meus líderes das empresas que trabalhei e trabalho no decorrer do mestrado, David da Rocha, do Inec, e Luiz Eduardo e Gisele Antenor, da Táquion Inovação, pelo incentivo, inspiração e compreensão durante esse trajeto.

Aos meus amigos Jonatas Aquino, Dêmora Bruna, Ana Jéssica, Tábita Barros, Séfora Brito e Jean Carlos e todos os outros por terem discutido comigo sobre o tema, feito sugestões, ouvido minhas queixas e me confortado nos momentos difíceis, ou me apoiado de alguma forma.

Aos funcionários da Funceme e Secretaria da Saúde por disponibilizarem dados e material e estarem disponíveis para reuniões.

Agradeço a todos os professores por terem contribuído para minha educação, conhecimento, e, de alguma forma, contribuído para eu concluir esse mestrado.

“ Obstáculos são aquelas coisas assustadoras que
você vê quando desvia seus olhos de sua meta.”

(Henry Ford)

RESUMO

Com o avanço das tecnologias de sensores, houve um crescimento no número de dispositivos computacionais conectados capazes de coletar informações e interagir com o ambiente no qual estão inseridos, constituindo a base da Internet das Coisas (IoT). Tais dispositivos viabilizam o desenvolvimento de novas aplicações capazes de tornar as cidades mais inteligentes, provendo melhorias para a sociedade. Como resultado da interação entre diferentes aplicações tem-se um imenso conjunto de dados, dos quais pode-se extrair conhecimento útil. Um dos problemas existentes é o recorrente acontecimento de surtos de arboviroses (Dengue, Zika e Chikungunya) em grandes cidades de clima tropical, que ainda sofrem com a deficiência de ferramentas e informações para auxiliar na prevenção desses surtos. Esta pesquisa propõe uma arquitetura de um sistema computacional capaz de agregar dados provenientes de diferentes tipos de dispositivos IoT e crowdsourcing, a fim de auxiliar a tomada de decisão para prevenção, controle e vigilância de surtos de arboviroses. A validação da arquitetura se deu através da análise exploratória dos dados de climatologia, casos de arboviroses e saneamento da cidade de Fortaleza-CE de 2011 a 2017, bem como da implementação de um protótipo da arquitetura. Através disso, constatou-se a correlação entre os dados selecionados, analisou-se a influência das fontes de dados escolhidas para a monitoração das epidemias e predição de surtos, e verificou-se que o protótipo funcionou conforme o planejado através de sua implementação.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Análise de dados. Arboviroses. Cidades Inteligentes. Saúde.

ABSTRACT

With the progress of sensor technologies, there has been an increase in the number of connected computing devices capable of collecting information and interacting with the environment where they are inserted, forming the basis of the Internet of Things (IoT). Such devices enable the development of new applications capable of making cities more intelligent, providing improvements to society and urban infrastructure. As a result of the interaction between different applications, there is a large set of data, from which useful knowledge can be extracted. One recurrent problem of big cities with tropical climate is the occurrence of arbovirus outbreaks (Dengue, Zika and Chikungunya) and there is still a lack of tools and information to help preventing these outbreaks. This research proposes an architecture capable of aggregating data from different types of IoT devices and crowdsourcing, in order to assist the decision making, prevention, and surveillance of arbovirus outbreaks. The architecture validation took place through the exploratory analysis of climatology data, arboviruses cases and sanitation of the city of Fortaleza-CE from 2011 to 2017, as well as the implementation of a prototype of the architecture. Through this procedure, the correlation between the selected data was verified, the influence of the chosen data sources for the epidemics monitoring and prediction of outbreaks was analyzed, and it was also verified that the prototype worked as planned.

Keywords: Internet of Things. Data analytics. Arbovirus. Smart City. Health Care.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Domínios de aplicação IoT	15
Figura 2 – Gráfico do número de casos por ano em Fortaleza separado por doenças. . .	19
Figura 3 – Mapa de Fortaleza com casos de arboviroses por regional nos anos de 2011 a 2017	19
Figura 4 – Mapa de saneamento mais recente de Fortaleza	20
Figura 5 – Gráfico de linha com dados por semana de 2011 a 2017 de casos de arboviroses, temperatura, umidade e pluviometria de Fortaleza	20
Figura 6 – Arquitetura em camadas para IoT.	25
Figura 7 – Os 5 V's do <i>Big Data</i> . Modificado de (RUSSOM <i>et al.</i> , 2011)	28
Figura 8 – O processo de descoberta de conhecimento em bases de dados.	29
Figura 9 – Categorias do aprendizado de máquina.	31
Figura 10 – A arquitetura proposta.	43
Figura 11 – Exemplos de dispositivos <i>point-of-care</i> disponíveis no mercado e em desenvolvimento.	44
Figura 12 – Fluxograma da prova de conceito	51
Figura 13 – Protótipo da estação climática IoT	51
Figura 14 – Comparação de temperatura entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Itaperi	53
Figura 15 – Comparação de umidade entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Itaperi	53
Figura 16 – Comparação de temperatura entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Fátima	54
Figura 17 – Comparação de umidade entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Fátima	54
Figura 18 – Aplicação de monitoramento do ambiente	56
Figura 19 – Aplicação de Saúde Populacional	57
Figura 20 – Dashboards Arboviroses - Fortaleza	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparativo dos trabalhos relacionados quanto a tópicos relacionados à análise de dados	38
Tabela 2 – Comparativo dos trabalhos relacionados quanto a entradas, saídas e objetivos da solução	39
Tabela 3 – Comparação das medidas de temperatura, umidade e chuva entre o PCD da Funceme Itaperi e as estações IoT	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

COGETS	Coordenadoria de Gestão do Trabalho e Educação na Saúde
GIS	Geographic Information System
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
CoAP	<i>Constrained Application Protocol</i>
COVISA	Coordenadoria de Vigilância em Saúde
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
GPS	Sistema de posicionamento global
IaaS	Infraestrutura como Serviço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IoT	<i>Internet of Things</i>
Iplanfor	Instituto de Planejamento de Fortaleza
ISM	<i>Industrial, Scientific and Medical Radio Bands</i>
KDD	<i>Knowledge Discovery in Database</i>
LAN	<i>Local Area Networks</i>
M.L	<i>Machine Learning</i>
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
NBN	<i>Naive Bayesian Network</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
OPAS	Organização Pan-Americana da Saúde
PaaS	Plataforma como Serviço
PAN	<i>Personal Area Networks</i>
PCD	Plataforma de Coleta de Dados
PoC	<i>Point-of-Care</i>
REST	<i>Representational State Transfer</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
SaaS	Software como Serviço
SMS	<i>Short Message Service</i>
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
WAN	<i>Wide Area Networks</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Motivação e Justificativa	14
1.2	Estudo de Caso	16
1.2.1	<i>Descrição dos Datasets Adquiridos</i>	17
1.2.2	<i>Análise Descritiva dos Dados</i>	18
1.3	Objetivos	21
1.4	Metodologia	22
1.5	Contribuições Principais e Produção Científica	22
1.6	Organização da Dissertação	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Arquitetura de Referência para IoT	24
2.2	IoT aplicada à <i>Healthcare</i>	26
2.3	Arboviroses	26
2.4	Gerenciamento e análise de dados	27
2.5	Aprendizado de Máquina	30
2.6	IoT e Computação em Nuvem	31
2.7	Conectividade para IoT	32
2.7.1	<i>Protocolos</i>	32
2.7.2	<i>Tecnologias de Transmissão de Dados</i>	33
2.8	<i>Crowdsourcing</i>	34
3	TRABALHOS RELACIONADOS	35
3.1	Descrição dos Trabalhos Relacionados	35
3.2	Comparação dos Trabalhos Relacionados	38
4	PROPOSTA DA ARQUITETURA	40
4.1	A Arquitetura	40
4.2	Camadas da Arquitetura	42
4.2.1	<i>Camada de Percepção</i>	42
4.2.1.1	<i>Dispositivos de Diagnóstico ou Teste Baseados em IoT</i>	44
4.2.1.2	<i>Estação Meteorológica Baseada em IoT</i>	45
4.2.1.3	<i>Crowdsourcing</i>	45

4.2.2	<i>Camada de Rede</i>	46
4.2.3	<i>Camada de Serviço</i>	47
4.2.4	<i>Camada de Aplicação</i>	48
4.2.5	<i>Camada de Negócios</i>	49
5	PROVA DE CONCEITO E PROTÓTIPOS	50
5.1	Protótipo da Estação Climática IoT: Camadas de Percepção e Rede . . .	50
5.2	Protótipo da Plataforma de Agregação de Dados na Nuvem: Camada de Serviço	54
5.3	Protótipo de Monitoramento Ambiental e Saúde: Camada de Aplicação	55
5.4	Protótipo de Visualização de Dados (<i>Dashboard</i>): Camada de Negócios .	56
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	60
	REFERÊNCIAS	62
	ANEXO A – FICHA DE NOTIFICAÇÃO DE DOENÇAS	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 Motivação e Justificativa

Objetos autônomos que formam a Internet das Coisas, daqui em diante abreviado de IoT, possibilitam uma nova gama de aplicações, expandindo as oportunidades de projetos de cidades inteligentes. O conceito de cidade inteligente (em inglês, *Smart City*) refere-se ao uso de tecnologias da informação e comunicação para gerenciar com eficiência a utilização de recursos públicos, infraestrutura urbana e informações sociais a fim de prover serviços e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos, apoiando a administração pública (ZANELLA *et al.*, 2014). Assim, é possível integrar mais de um domínio de aplicação, como cuidados com a saúde, automação residencial e automação urbana. Uma grande quantidade de informações sobre ambientes e usuários é gerada por esses objetos e aplicativos, que podem ser analisados e utilizados para melhorar a vida em uma sociedade digital.

Com a ascensão desse novo cenário de objetos autônomos conectados, novas soluções em diferentes domínios de aplicações surgem, formando vários mercados verticais, como ilustrado na figura 1. Os domínios de aplicações nos mercados verticais são independentes, tais como: casas/prédios inteligentes, cuidados com a saúde, agricultura inteligente, dentre outros. Entretanto, além dessa verticalidade de aplicações, será possível prover serviços no domínio horizontal, integrando mais de um domínio, onde essas aplicações independentes podem interagir entre si através de alguma plataforma de gerenciamento de recursos e serviços (AL-FUQAHA *et al.*, 2015)(BORGIA, 2014).

Um dos mercados verticais com maior crescimento atualmente é o de cuidados com a saúde. Estima-se que até 2025 serão investidos US\$1.1–US\$2.5 trilhões em aplicações de saúde com uso de dispositivos que auxiliem o monitoramento, diagnóstico e tratamento, englobando 41% do mercado de IoT (AL-FUQAHA *et al.*, 2015).

Em grandes cidades, a proliferação de doenças infecciosas ocorre com maior intensidade e o controle epidêmico é mais desafiador devido ao aumento da população e da grande interação social. Não só o Brasil, mas também vários países do mundo, principalmente com clima tropical, apresentam epidemias (CUNHA, 2017) de doenças transmitidas pelo mosquito *Aedes aegypti* (G1, 2016), popularmente conhecido como mosquito da Dengue. Além de Dengue, o mosquito também transmite doenças como Zika e Chikungunya, sendo todas elas integrantes de um grupo maior de doenças (seção 2.3), sendo denominadas de arboviroses.

Figura 1 – Domínios de aplicação IoT



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

De acordo com (OHW, 2012), que publicou um documento com uma estratégia global para prevenção e controle de Dengue e doenças relacionadas, o conjunto de causas capazes de originar essas doenças podem ser reduzidas com a melhoria de ferramentas de predição, detecção e monitoramento epidemiológico e ambiental. Autoridades públicas ainda possuem carência por informações de saúde atualizadas regularmente e por ferramentas que os auxiliem na tomada de decisão com relação às epidemias de arboviroses.

Em revisão literária e estudo de campo na área de saúde e estudo com profissionais da vigilância epidemiológica da cidade de Fortaleza, notou-se uma limitação na quantidade e qualidade de informações de posse desses agentes para que alguma decisão seja tomada, como enviar carros fumacê pela cidade e visita de agentes de saúde nas regiões em que está previsto o surto de alguma arbovirose. As limitações de informação dos encarregados pelo controle de epidemias são: I) em relação à diversidade de informações, pois atualmente só são manipulados dados referentes aos agravos epidemiológicos (SMS de Fortaleza, 2018), não possuindo outra visão de fatores que influenciam esse agravo, tais como dados climáticos e locais de focos de

mosquito; e II) em relação à perda de amostras e atraso com que esses dados epidemiológicos chegam em suas mãos, pois atualmente a notificação de doenças é feita através de um processo manual, de uma ficha de notificação com base na Portaria nº 204 (17/02/2016) do Ministério da Saúde e Portaria nº 140 (08/08/2016) da Secretaria de Saúde do Distrito Federal (anexo A), o qual é melhor explicado na seção 2.3 do capítulo 2.

Dentre os dispositivos do mercado de *healthcare*, os dispositivos de diagnóstico de doenças podem ter características de Internet das Coisas integradas. Assim, a utilização desses equipamentos seria benéfica para a solução dos problemas de atraso e perda de dados citados anteriormente, pois seus dados poderiam ser disponibilizados através da rede e acessados rapidamente (com a devida confidencialidade).

Uma vez que fatores ambientais também influenciam nesse grupo de doenças (TAZ-KIA *et al.*, 2015), dispositivos IoT que monitoram aspectos ambientais, tais como o clima, são interessantes de ser considerados. Complementarmente a esses dispositivos, as informações faltantes que também influenciam essas doenças, como falta de saneamento básico e foco de mosquitos, também podem ser supridas através de outras vias, como redes sociais e aplicativos móveis que permitam a participação da população para se obter esse tipo de informação.

Nesse contexto, notou-se a importância e a necessidade de promover uma maior horizontalidade de aplicações envolvendo os mercados de *healthcare* e monitoramento ambiental, focando em uma solução que pudesse auxiliar no combate às arboviroses, aproveitando-se de uma crescente conectividade dos usuários e uma maior disponibilidade de dados em cidades inteligentes.

Assim, a fim de investigar melhor a correlação dos tipos de dados, foi preparado um estudo de caso com dados da cidade de Fortaleza - CE. Esse preparo de dados e estudo auxilia no entendimento e observação de quais informações, quais dispositivos IoT e qual a estrutura da arquitetura seriam mais adequadas às necessidades dos usuários da arquitetura e ferramentas derivadas. Tal estudo de caso também serve de análise para definir quais entradas seriam importantes para algoritmos de aprendizado de máquina a fim de se obter alguma predição. O estudo é apresentado na seguinte seção (1.2).

1.2 Estudo de Caso

O conjunto de dados oficiais conseguidos foram relativos à cidade de Fortaleza, referentes aos casos de endemia de arboviroses e de clima dos anos de 2011 a 2017. A seguir,

será mostrada a descrição dos mesmos e a análise realizada a fim de examinar a relação entre esses dados para verificar sua relevância para uso como entrada na arquitetura para auxílio a tomadas decisões de controle epidêmico, geração de alertas com predição de surtos, identificação de áreas mais afetadas e indicadores das razões dos surtos. Para haver confiabilidade estatística nas fontes, informações e no intervalo de tempo dos dados, foram utilizados dados consolidados adquiridos com os órgãos responsáveis com expertise em coletas desse tipo de informação.

1.2.1 Descrição dos Datasets Adquiridos

A fim de realizar a análise e correlação de dados, foram utilizados dados de casos de arboviroses e dados climáticos da cidade de Fortaleza, no estado do Ceará, Brasil. Embora o *dataset* utilizado seja dessa cidade, o leitor pode utilizar a arquitetura descrita nesta pesquisa para qualquer localidade.

Como nem todos os dados estão disponíveis *online* abertamente, foi necessária a aquisição dessas informações mediante órgãos responsáveis. Para os dados de saúde, o projeto de pesquisa foi enviado para *COGETS* - Coordenadoria de Gestão do Trabalho e Educação na Saúde. Esse órgão, após avaliar o projeto, disponibilizou documentos para o acesso às informações junto à Coordenadoria de Vigilância em Saúde (COVISA) da Secretaria Municipal de Saúde, a qual disponibilizou as informações de notificações obrigatórias de arboviroses registradas. Como dados relacionados à saúde da população são delicados e é fundamental a confidencialidade dos mesmos, foram liberados somente dados gerais sem identificação dos pacientes.

Os dados de notificações obrigatórias de arboviroses adquiridos foram selecionados a partir de 2011 pela razão que a partir desse ano os dados estão mais completos e mais padronizados, segundo a COVISA. O arquivo com os dados adquiridos da Coordenadoria de Vigilância em Saúde de Fortaleza foi no formato *.xls* com 316273 amostras, que seriam a quantidade de notificações do período citado das doenças Dengue, Zika e Chikungunya; e 129 colunas, que seriam os atributos das notificações como: número da notificação, id da doença, data da notificação, bairro do paciente, entre outros campos.

Dados climáticos também foram requisitados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme). A entidade possui um *website* que fornece informações climáticas para a população, mas os dados de anos anteriores não estão disponíveis no mesmo. A Funceme concedeu dados de 4 pluviômetros existentes em Fortaleza localizados em diferentes bairros: Castelão, Água Fria, Messejana e Pici. Além destes, também disponibilizou dados

de temperatura e umidade de sua plataforma de coleta de dados (PCD), localizada na UECE (Universidade Estadual do Ceará).

Por questão de limitação de tempo para finalização desta pesquisa, não seria viável desenvolver uma aplicação de *crowdsourcing* e realizar campanha para a população contribuir com informações. Houve a tentativa de conseguir os dados em parceria com o projeto “Aedes em Foco” (LME, 2017), mas, por razões burocráticas relacionadas ao comitê de ética, não foi possível consegui-los a tempo. Assim, dados de foco de mosquito não foram analisados, porém este tipo de entrada de dados foi mantido na arquitetura, pela sua relevância ser identificada nos trabalhos relacionados.

1.2.2 Análise Descritiva dos Dados

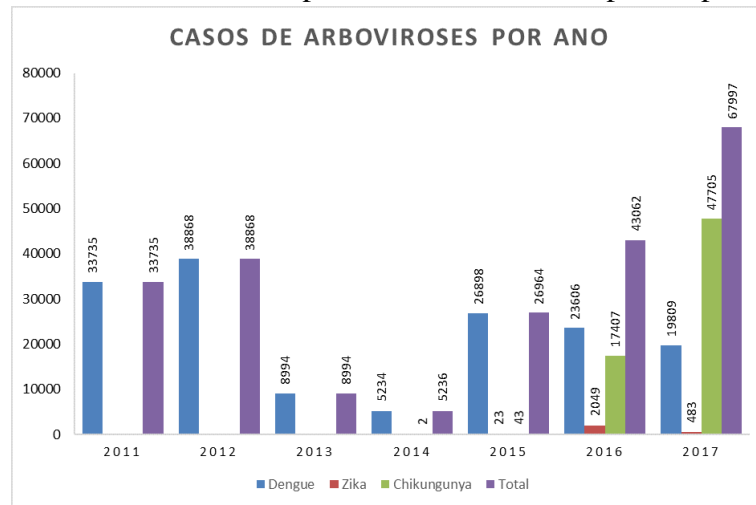
Para efetuar a limpeza, o pré-processamento e transformação dos dados brutos em dados no formato adequado para visualização dos dados e aplicação em algoritmos, foi usada a linguagem *Python* com a biblioteca *Pandas*, que contém estruturas de dados e ferramentas de manipulação projetadas para uma análise de dados.

Inicialmente, foi realizado o entendimento de cada atributo do conjunto de dados de acordo com o dicionário de dados e a ficha de notificação obrigatória de doenças, a qual os profissionais da saúde preenchem quando vão realizar a notificação obrigatória. Após isso foi realizada a etapa de limpeza e transformação dos dados. Pretendeu-se realizar a análise da cidade em seu total, e por regionais. As regionais são um conjunto de bairros que foram divididos por área e pertencem administração de uma secretaria executiva regional.

Inicialmente, foram verificados se haviam casos repetidos e depois foi analisado cada atributo (ou coluna) do *dataset*. Inicialmente, ainda foram excluídos casos com *status* de “não confirmados” e “casos descartados” de doenças. Também foi notado que Fortaleza possui 119 bairros segundo o IBGE, porém foi detectado, através de análise da base com *Python*, o total de 1193 locais distintos no campo bairro. Dentre eles haviam locais de outras cidades, nomes com erros ou escritos fora do padrão e campos em branco. Os lugares fora do padrão foram renomeados e registros com nomes de outras cidades foram excluídos. Ao final da limpeza restaram 224856 notificações no total, uma redução de 91417 amostras.

Para melhor visualização da quantidade de casos de cada doença os casos foram divididos por ano (figura 2) e extraiu-se também o mês e semana da data de cada notificação. Foi observado que, em Fortaleza, a arbovirose Dengue se manifestou em todos os anos captados,

Figura 2 – Gráfico do número de casos por ano em Fortaleza separado por doenças.

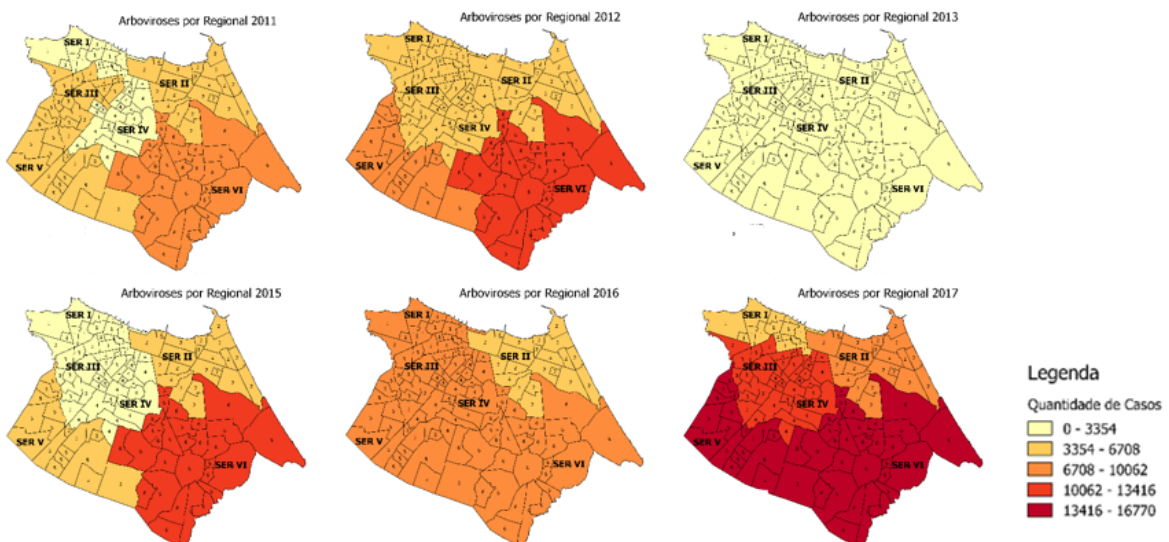


Fonte: Elaborado pela autora

mas *Chikungunya* só começou a aparecer em 2014 e *Zika* a partir de 2015, o que dificulta, devido a pouca quantidade de dados, o treino de algoritmos de aprendizado de máquina, caso se deseje prever as doenças separadamente.

Após a limpeza dos bairros e agrupamento das notificações por regional foram gerados os mapas (figura 3) utilizando a ferramenta geográfica QGIS (QGIS, 2011) para verificar padrões de localização. O ano de 2017 apresentou o maior número de casos, e 2013 e 2014 apresentaram o mesmo comportamento, por isso um mapa foi suprimido.

Figura 3 – Mapa de Fortaleza com casos de arboviroses por regional nos anos de 2011 a 2017

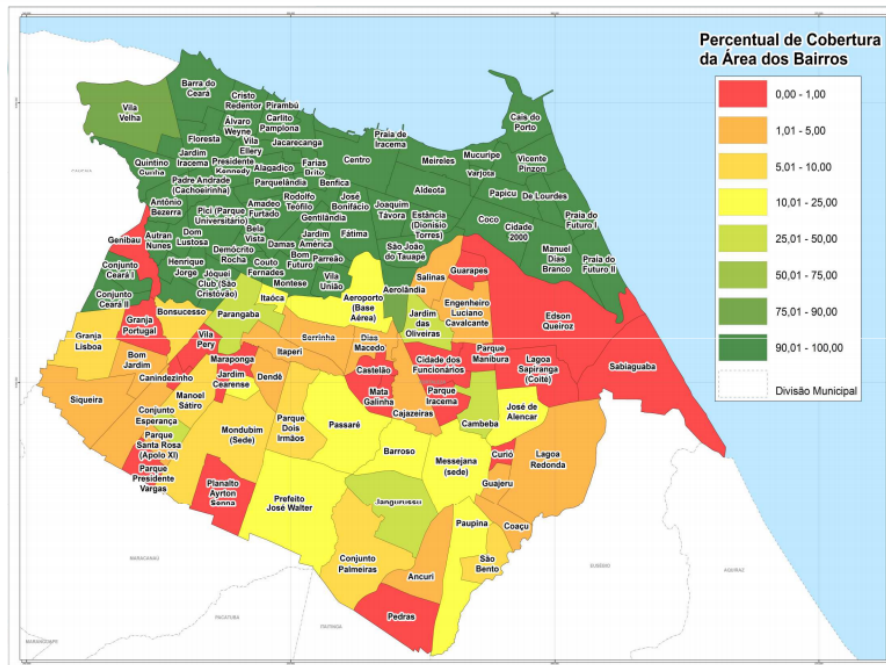


Fonte: Elaborado pela autora

Também notou-se que sempre as regionais V e VI apresentam maior número de casos. Buscando as razões por trás deste fato, foi verificado o plano municipal de saneamento básico

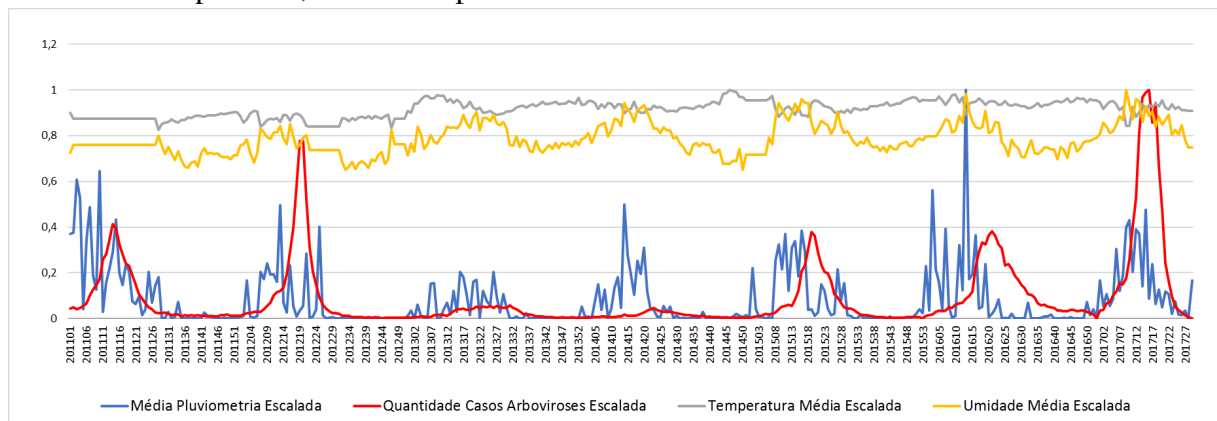
da cidade de Fortaleza. A figura 4, tirada desse plano, retrata o diagnóstico de saneamento da cidade pela Secretaria Municipal de Urbanismo e Meio Ambiente (SEUMA, 2018), e apresenta a regional V e VI como as que possuem mais bairros com os piores índices de saneamento. Portanto, podemos inferir que existe uma correlação espacial entre o saneamento e número de casos em algumas regiões da cidade. Baseado no último censo demográfico de 2010 (SDE, 2017), as regionais V e VI também são as que apresentam o maior número de bairros com os mais baixos índices de desenvolvimento humano (IDH). Essas circunstâncias que serão melhor analisadas em trabalhos futuros.

Figura 4 – Mapa de saneamento mais recente de Fortaleza



Fonte: (SEUMA, 2018)

Figura 5 – Gráfico de linha com dados por semana de 2011 a 2017 de casos de arboviroses, temperatura, umidade e pluviometria de Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora

Do mesmo modo também foi necessário fazer a limpeza dos dados de pluviometria, temperatura e umidade, visto que continham alguns erros nos valores e valores em branco. Os dados também foram reestruturados relacionando-os com a data no formato de calendário gregoriano, pois estavam no calendário juliano. Para construir um gráfico com todas as variáveis e suas diferentes unidades de medida, foi necessário escalar os valores. Pode-se verificar visualmente com a figura 5 que há relação de causa e efeito entre as chuvas e casos de doença. Todos os anos os casos acompanham as semanas mais chuvosas, porém as quantidades de casos não apresentam o mesmo comportamento, nem o surto acontece na mesma semana de ano para ano. Não há variação extrema na temperatura e umidade, porém elas se conservam em uma faixa propícia para a proliferação do mosquito. É objetivo dos trabalhos futuros explorar melhor essa correlação e possivelmente propor algoritmos de aprendizado de máquina para fazer previsão de surto.

1.3 Objetivos

O objetivo geral desta pesquisa é propor e avaliar uma particularização de uma arquitetura baseada em IoT que receba como entrada dados relevantes para o estudo de arboviroses, agregue os dados em uma plataforma de computação nas nuvens, manipule esses dados a fim de extrair um conhecimento sobre o comportamento atual e futuro da doença, de modo que órgãos de saúde de uma cidade e outros interessados possam utilizá-lo para prevenir e combater epidemias de arboviroses.

Os objetivos específicos dessa pesquisa são:

- Fazer revisão literária sobre fontes de dados que possam contribuir para a solução dos problemas encontrados através de artigos relacionados e estudo de campo com profissionais de saúde;
- Propor uma particularização de arquitetura conceitual com descrição das camadas que a compõem baseado em revisão bibliográfica de arquiteturas IoT e nos problemas a solucionar;
- Realizar a análise exploratória dos dados de fontes heterogêneas da cidade de Fortaleza, a fim de correlacioná-los, extrair “*insights*” e verificar sua importância;
- Implementar protótipos dos componentes da arquitetura para mostrar a viabilidade funcional da solução como um todo.

1.4 Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho seguiu as seguintes etapas:

- **Revisão da literatura:** Durante a pesquisa foi realizada uma revisão bibliográfica envolvendo o tema Internet das Coisas, gerenciamento e análise de dados em IoT, o que permitiu construir um referencial teórico sobre o tema. Nesse momento da pesquisa também foram visualizadas várias notícias sobre uma epidemia de Dengue, *Zika* e *Chikungunya* no Brasil, o que juntamente ao conhecimento prévio que tínhamos sobre equipamentos de diagnósticos IoT, contribuiu para a hipótese abordada na pesquisa. Após levantada essa hipótese, além dos temas citados, também foram buscados artigos que abordassem análise de dados e predição de doenças. Também foram considerados na pesquisa os trabalhos relacionados dos artigos lidos.
- **Estudo de caso:** Foi realizado o estudo de caso com a análise de *datasets* públicos relacionados a casos de arboviroses e medidas climáticas de Fortaleza de 2011 a 2017, e relatório de saneamento ambiental para analisar sua correlação.
- **Modelagem da arquitetura:** A proposta da arquitetura foi embasada pelo referencial teórico construído. Nesta etapa foram definidas as camadas, seu conteúdo e quais fontes seriam importantes para entrada da arquitetura. As fontes foram selecionadas através do estudo de caso feito, dos trabalhos relacionados e dos problemas a serem solucionados.
- **Implementação de protótipos e prova de conceito:** Ao serem definidas as camadas e componentes da arquitetura, a prova de conceito foi desenvolvida com implementações próprias de hardware, software e integração com uma plataforma de computação nas nuvens.
- **Avaliação de resultados e conclusão:** Com uma prova de conceito da arquitetura implementada, pôde-se realizar uma avaliação funcional para verificar se esta satisfazia aos objetivos propostos inicialmente.

1.5 Contribuições Principais e Produção Científica

A pesquisa visa colaborar para aplicações que se beneficiem da horizontalidade de dados e soluções em cidades a fim de contribuir para a minimização e controle de epidemias de

arboviroses.

Baseando-se na arquitetura proposta, desenvolvedores, pesquisadores e cientistas podem elaborar ferramentas que tenham acesso a diferentes tipos de informações reunidas, que auxiliem a vigilância e tomada de decisão para a prevenção e combate de tais doenças. Tais ferramentas seriam utilizadas por profissionais da saúde, órgãos governamentais responsáveis pelo combate, controle e prevenção de doenças, a sociedade, e qualquer interessado nessas informações, como empresas e indústria da área de saúde.

Durante este projeto de Mestrado, o seguinte trabalho científico foi publicado e apresentado, a saber:

- **Priscylla Tavares e Emanuel Rodrigues;** *“IoT-Based Architecture for Data Analytics of Arboviruses in Smart Cities”*. In *Proceedings of the IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), Natal, Brasil, 2018*.

1.6 Organização da Dissertação

Esta dissertação está organizada em seis capítulos. Este capítulo apresentou uma breve introdução ao tema, contextualizando o assunto abordado e a motivação, junto a um estudo de caso com dados de Fortaleza. Também foram apresentados os objetivos e contribuições, e a metodologia da pesquisa.

O capítulo 2 trata da fundamentação teórica, apresentando os conceitos importantes analisados na pesquisa.

No capítulo 3 são apresentados os trabalhos relacionados à arquitetura proposta e uma comparação entre eles e o trabalho em questão é feita.

No capítulo 4 a arquitetura proposta é descrita e ilustrada, e apresenta-se o detalhamento de cada camada recomendada.

O capítulo 5 é formado pela implementação de uma prova de conceito da arquitetura. Por meio da implementação de uma prova de conceito, é reproduzido o que foi proposto no capítulo 4, e também são apresentados alguns resultados obtidos em sua avaliação funcional.

Por fim, o Capítulo 6 expõe as conclusões sobre os resultados alcançados por este trabalho, assim como os possíveis trabalhos futuros e melhorias a serem consideradas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo diz respeito à base de fundamentos necessários para o entendimento e desenvolvimento do restante da dissertação. Serão apresentados os conceitos de IoT na seção 2.1 e de IoT aplicada à *Healthcare* na seção 2.2. Na seção 2.3 é apresentado um resumo sobre os conceitos relacionados a arboviroses. Uma contextualização sobre análise de dados é mostrada na seção 2.4, enquanto que a seção 2.5 trata sobre aprendizado de máquina ou machine learning (M.L). Após isso, uma breve introdução sobre a abordagem de Computação em Nuvem com IoT e alguns protocolos e tecnologias de comunicação mais utilizados em IoT são apresentados nas seções 2.6 e 2.7, respectivamente. Por fim, na seção 2.8 uma visão sobre *crowdsourcing* é explanada.

2.1 Arquitetura de Referência para IoT

Internet das Coisas pode ser definida como um conjunto de objetos conectados à Internet com capacidade de coletar informações, se comunicar e interagir com o mundo físico. Com a expansão tecnológica, tornou-se possível integrar novas funcionalidades a objetos comuns, fazendo-os sensoriar e atuar em qualquer ambiente, permitindo o desenvolvimento de aplicações para diferentes áreas como transporte, saúde, agricultura, indústria, dentre outros.

Comumente, os dispositivos inteligentes que são empregados para tais tarefas são sistemas com restrição de recursos formados por sensores, módulo de processamento, módulo de comunicação e fonte de energia (SANTOS *et al.*, 2016). Com a grande diversidade de objetos é conveniente uma arquitetura em camadas flexível para que possa atender a essa heterogeneidade. Foram propostos vários modelos arquiteturais para IoT. Em resumo, o modelo de arquitetura mais simples e genérico é formado por 3 camadas, sendo elas: I)camada de percepção ou coleta de dados, II)camada de rede ou de transmissão e II)camada de aplicação (AL-FUQAHA *et al.*, 2015).

Entretanto, com a justificativa de que alguns sistemas IoT são complexos, muitos autores como (KHAN *et al.*, 2012), (KRICO *et al.*, 2014), e (WU *et al.*, 2010), propõem um modelo arquitetural mais detalhado: o de 5 camadas. O modelo de 5 camadas se desmembra em camada de percepção, camada de rede, camada de serviço, camada de aplicação e camada de negócios. Esse modelo é apresentado na figura 6 e é o modelo arquitetural no qual essa pesquisa irá se basear.

Figura 6 – Arquitetura em camadas para IoT.



Fonte: Adaptado de (KHAN *et al.*, 2012)

Iniciando pela camada de percepção, ela se refere à gama de sensores como de temperatura, umidade, GPS, batimentos cardíacos, presença, etc; e atuadores como motores, atuadores hidráulicos, atuadores elétricos, etc, proporcionando a capacidade de obter conhecimento do mundo físico e interagir com ele.

A camada de rede reuniria toda a parte de transferência de dados adquiridos pelos sensores de modo seguro. Nessa camada, as “coisas” se comunicam através de tecnologias bastante difundidas como, por exemplo, Wi-Fi, *Ethernet*, *Bluetooth Low Energy*, ZigBee, RFID, celular 3G/4G.

A camada de serviço é o nível onde serão implementados diferentes tipos de serviço e onde os objetos do mesmo serviço conseguem se comunicar para ser tomada alguma decisão. Nessa camada também são realizados processamentos e armazenamentos de dados.

Chegando ao relacionamento com o usuário, apresenta-se a camada de aplicação. Nessa camada desenvolvem-se as diversas aplicações de Internet das Coisas, dos diferentes domínios como agricultura inteligente, transporte inteligente, cuidados com a saúde inteligente e cidade inteligente.

Por último, temos a camada de negócios, que fornece a integração das várias aplica-

ções e serviços IoT, ou seja, aproveitando a horizontalidade das aplicações. Através de modelos de negócios, gráficos e fluxogramas, os usuários podem planejar ações futuras e estratégias de negócios, se beneficiando da essência de IoT.

Juntamente com tantas funcionalidades surgiram novas plataformas, novos protocolos, novos sistemas operacionais, todos com a finalidade de facilitar o desenvolvimento das aplicações, tornar a comunicação mais leve e suprir e gerenciar os recursos necessários.

2.2 IoT aplicada à *Healthcare*

Dentre os domínios de aplicações de IoT, o nicho de cuidados com a saúde e aplicações médicas tem um grande potencial para dominar uma parte considerável do mercado (ISLAM *et al.*, 2015). O paradigma de Internet das Coisas pode impulsionar o mercado da saúde com novas perspectivas de aplicações, possibilitando, além de outras esferas, o monitoramento remoto da saúde de pacientes. Dentre dispositivos inteligentes que podem ser vistos constituindo uma parte central de IoT para saúde, pode-se citar dispositivos vestíveis como as pulseiras inteligentes, e também aparelhos que com a ajuda de imagem e sensores biológicos podem fornecer diagnósticos, oferecendo diversas possibilidades para melhorar o atendimento a pacientes.

Estão sendo incorporadas novas tecnologias de sensoriamento e os conceitos de Internet das Coisas e Computação em Nuvem em dispositivos de diagnóstico e teste, como os dispositivos *point-of-care* (LOPEZ-BARBOSA *et al.*, 2016). Os sistemas de diagnóstico de testes *point-of-care* (PoC) são capazes de fornecer resultados de diagnósticos com respostas rápidas aos indivíduos não treinados e profissionais da saúde, além de possuírem mobilidade para estarem perto do paciente. Dispositivos *point-of-care* normalmente possuem a arquitetura de um elemento sensor que emitem um sinal elétrico, uma unidade eletrônica de leitura e processamento desse sinal, e uma interface com o usuário; podendo ele mesmo ter comunicação com a rede ou ser realizada através de *smartphones*, que fariam o papel de *gateways*. Na descrição da arquitetura no capítulo 4, serão citados alguns exemplos desses dispositivos.

2.3 Arboviroses

Arboviroses são doenças causadas por arbovírus (*Arthropod-borne virus*) (LOPES *et al.*, 2014), denominados assim por seu ciclo de replicação ocorrer em insetos artrópodes hematófagos e podendo ser transmitido por picada para humanos e outros animais de sangue

quente. Existem outras arboviroses, porém o conjunto que será estudado engloba as doenças Dengue, Zika e febre Chikungunya. O principal vetor de transmissão dessas doenças é o mosquito *Aedes aegypti*. A transmissão pode ocorrer da maneira homem infectado-mosquito-homem ou animal infectado-mosquito-homem. A fêmea do mosquito necessita de sangue para o amadurecimento dos ovos, os quais são depositados próximos a superfícies de água limpa e parada. Os sintomas dessas doenças da família flavivírus costumam ser parecidos. Porém, sua intensidade muda de doença para doença e entre eles estão febre, dor de cabeça, manchas vermelhas e erupções na pele, mal-estar, dor nas articulações, náuseas e vômito.

Alguns conceitos de epidemiologia são importantes para o entendimento dessa pesquisa. Segundo (CUNHA, 2017), surto é o aumento inesperado do número de casos de determinada doença em uma região específica. Já a epidemia, ocorre quando os surtos acontecem em várias regiões, seja a nível municipal, estadual ou nacional. Quando a doença passa a se manifestar com frequência e somente em determinada região, ou seja, localmente, o caso é chamado de endemia. Um exemplo deste último caso, pode-se citar a febre amarela na região Norte. Uma maneira de visualizar o estado de determinada população ou região com alguma doença infecciosa é através de mapas endêmicos/epidêmicos.

Algumas doenças consideradas de maior relevância sanitária para o país são selecionadas pelo Ministério da Saúde para que haja vigilância sobre elas. Dentre elas, as arboviroses estão inclusas nessa Lista Nacional de Doenças e Agravos de Notificação Compulsória. Segundo a Portaria 204 (BRASIL, 2016), uma notificação obrigatória ou notificação compulsória é um comunicado sobre doenças que a lei exige que sejam informadas pelos médicos, profissionais de saúde ou responsáveis pelos estabelecimentos de saúde, públicos ou privados, às autoridades de saúde pública como as Secretarias de Saúde, Ministério da Saúde e Organização Mundial de Saúde (OMS). Os dados permitem que as autoridades monitorem a doença e percebam possíveis surtos, podendo cumprir o seu papel de vigilância e aconselhamento local ou global. Dessa forma, também é possível adquirir esses dados nos órgãos responsáveis pelo fornecimento. Embora as autoridades recebam essas notificações, epidemias como as de doenças relacionadas ao mosquito *Aedes aegypti* continuam se repetindo todo ano.

2.4 Gerenciamento e análise de dados

Os aspectos adquiridos de objetos inteligentes geram um grande conjunto de dados, que hoje é chamado de *Big Data*. Esse termo normalmente é caracterizado por um conjunto

de atributos denominados de 3 V's: volume, variedade e velocidade. Entretanto, dois novos V's foram adicionados por alguns pesquisadores: veracidade e valor (YIN; KAYNAK, 2015), formando os 5 V's do *Big Data* (figura 7). Como esperado, o termo volume implica que a quantidade de dados é enorme, a expressão variedade se refere aos diversos tipos de dados adquiridos de distintas fontes, o termo velocidade diz respeito à rapidez que os dados são produzidos, veracidade está relacionada à confiabilidade dos dados e, por fim, valor se refere a se os dados são relevantes e novos, e vão agregar valor à aplicação.

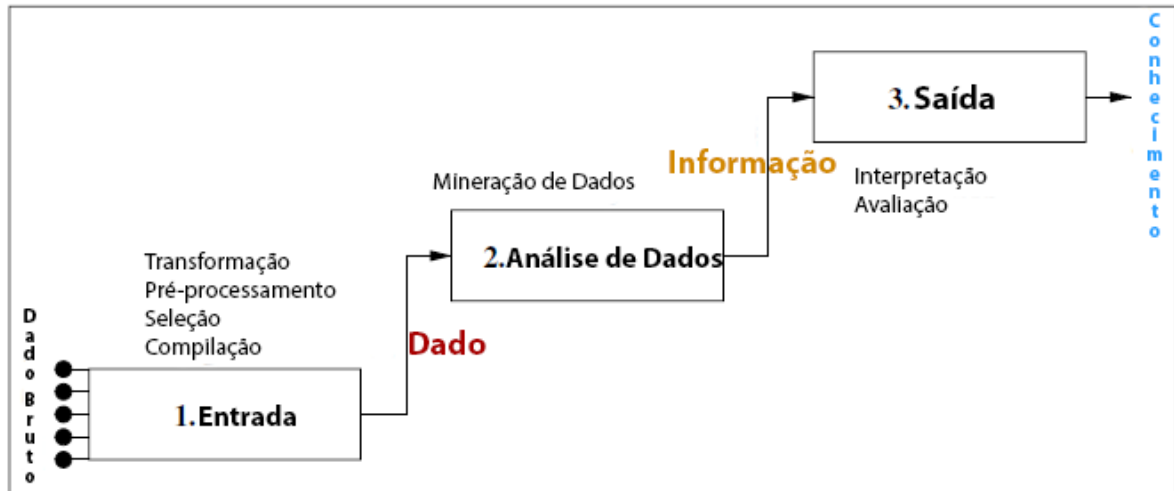


Figura 7 – Os 5 V's do *Big Data*. Modificado de (RUSSOM *et al.*, 2011)

(TSAI *et al.*, 2015) mostra o processo de descoberta de conhecimento em uma base de dados (KDD, do inglês *Knowledge Discovery in Database*), dividindo-o em três partes que podem ser visualizadas melhor na figura 8: entrada, análise do dado e saída. A entrada possui atividades como pré-processamento, seleção e transformação para tratar, limpar e selecionar a informação relevante. A análise ou mineração de dados é a parte encarregada da localização dos padrões, regras ou informações dos dados não tratados, podendo ser usados métodos estatísticos, aprendizado de máquina, entre outras estratégias, para classificar, agrupar, fazer previsão ou associar os dados (MARJANI *et al.*, 2017). Finalmente, a saída desse processo será avaliada e interpretada, podendo ser exibida de forma mais amigável para o usuário final.

Existem alguns desafios de *Big Data* que precisam de mais esforço envolvido para se obter soluções. Segundo (TSAI *et al.*, 2015), pesquisas que contemplem alguns dos seguintes aspectos irão contribuir para o avanço das soluções desses desafios: a computação paralela para *Big Data* utilizando Computação em Nuvem com métodos de agendamento; métodos para reduzir

Figura 8 – O processo de descoberta de conhecimento em bases de dados.



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

o tempo de computação da entrada, comparação, amostra ou qualquer método de redução de dados que considerem o ambiente de computação paralela; o modo de como modelar o problema de mineração de dados para encontrar alguma perspectiva nos dados e como visualizar esse conhecimento extraído; fusão de informações; algoritmos meta-heurísticos (ABBASS, 2001); análise de dados de redes sociais; e segurança e privacidade.

O *Big Data* gerado atualmente, inclusive por dispositivos de Internet das Coisas, não se apresenta somente em grande quantidade, mas também é composto de grande variedade de tipos e pode ser não estruturado, ruidoso, com erros ou incompleto. Além disso, os dados vindos de dispositivos de IoT possuem sensores que reúnem muito mais dados que outras aplicações e podem gerar gargalos de processamento, em questão de velocidade e quantidade de dados, de comunicação, e de armazenamento. Isso faz com que haja uma maior necessidade de operação na entrada do que no *Big Data* habitual. Existem alguns *frameworks*, métodos e algoritmos para *Big Data*. (TSAI *et al.*, 2015) separou alguns destes que são utilizados pela comunidade. Ele os dividiu por perspectiva de análise de dados e mineração de dados e taxonomia. As taxonomias se dividiram em aprendizagem de máquina, agrupamento, classificação e padrão frequente. (MARJANI *et al.*, 2017) fez uma discussão sobre IoT e *Big Data* apresentando tipos, métodos, tecnologias e casos de uso de análise de dados em IoT.

Após todas essas tarefas, é importante projetar como esse conhecimento será mostrado para o usuário. A interface com o usuário deve ser clara e de fácil manuseio dos dados, ou deve mostrar a interpretação daquele conhecimento de maneira a fazer o usuário entender a informação e poder tirar suas conclusões.

2.5 Aprendizado de Máquina

Aprendizado de máquina é um método de análise de dados, mais especificamente é uma área de inteligência artificial que se utiliza de técnicas computacionais sobre o aprendizado construindo sistemas capazes de adquirir conhecimento de forma automática (MONARD; BARANAUSKAS, 2003). Esse tipo de sistema utiliza algoritmos que aprendem a partir de dados passados e toma decisões baseado em experiências acumuladas.

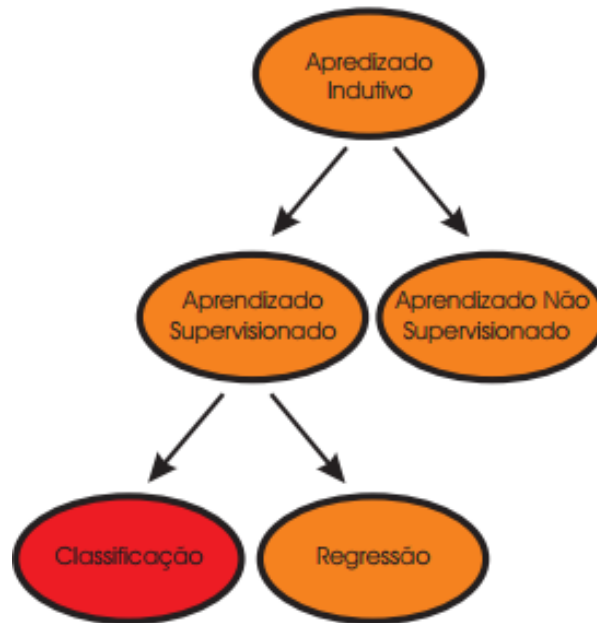
Machine Learning (M.L) ou, em português, Aprendizado de Máquina, pode ser classificado em duas categorias, como ilustrado na figura 9, dependendo das características dos dados usados e do tipo de treino do algoritmo: Aprendizado Supervisionado e Aprendizado Não Supervisionado. No Aprendizado Supervisionado o algoritmo é treinado com um conjunto de dados já rotulados, que servirão de exemplos, e esses rótulos definem as classes de cada elemento (BATISTA *et al.*, 2003). Esse elemento E é composto de um vetor x de características ou atributos do exemplo, e de um valor y , o qual é o valor da classe do exemplo. Representando em uma expressão seria: $E_i = (\vec{x}_i, y)$. Após o treino, é realizado o teste para verificar o desempenho do algoritmo.

Os atributos dos elementos podem ser quantitativos ou qualitativos. A partir disso é possível denominar as tarefas de aprendizado em classificação e regressão. Se o sistema necessitar definir de que grupo o elemento corresponde, a tarefa do sistema será a classificação. Caso o objetivo do sistema seja prever valores a partir do modelo dado, a tarefa será a regressão.

Ao contrário do aprendizado supervisionado, no aprendizado não supervisionado, o conjunto de exemplos fornecidos para o algoritmo não possuem o valor y que rotula a classe do elemento. O seu objetivo é procurar por padrões nos dados e agrupar elementos com características ou atributos parecidos.

O aprendizado de máquina pode ser implementado em soluções baseadas na arquitetura que será proposta a seguir nessa dissertação. Com isso, pode-se fornecer respostas automáticas ao usuário: de classificação de entidades, predição de valores ou agrupamento de entidades, sem que o usuário necessite fazer isso manualmente. Por exemplo, algoritmos de aprendizado de máquina podem ser utilizados para prever surtos e classificar pacientes de acordo com os sintomas como infectado ou não. Alguns trabalhos relacionados abordam isso e serão discutidos no capítulo 3.

Figura 9 – Categorias do aprendizado de máquina.



Fonte: (BATISTA *et al.*, 2003)

2.6 IoT e Computação em Nuvem

Dispositivos IoT com seus sensores e atuadores produzem dados que precisam ser descarregados de alguma forma para outros dispositivos ou servidores via comunicação sem fio ou com fio. Por serem objetos pequenos e, normalmente móveis, dependendo da disponibilidade de fonte de energia poderão ser utilizados diferentes esquemas de conectividade.

Segundo (GUSEV; DUSTDAR, 2018), esses esquemas podem ser:

- Objeto-Servidor: quando há maior disponibilidade de recursos ou fonte de alimentação de energia, quando não se necessita de mobilidade, ou quando a conexão é via LAN (*Local Area Network*)/WAN (*Wide Area Network*) através de roteador direto com o servidor, podendo utilizar conexão via cabo ou Wi-Fi (que consome mais energia que algumas tecnologias de comunicação apresentadas na seção 2.7.2).
- Objeto-Repetidor-Servidor: quando há menor disponibilidade de recursos, assim os objetos IoT necessitam de outro dispositivo intermediário para repetir o seu sinal ou se comunicar com o servidor por ele, poupando seus recursos. A conexão é via PAN (*Personal Area Network*) entre objeto-repetidor e LAN/WAN do repetidor para o servidor.
- Objeto-Repetidor-Cloudlet-Servidor: quando também há pouco recurso disponível, e o uso de banda ainda poderá ser reduzido caso os dados sejam pré-processados no *cloudlet*, que são servidores menores mais próximos aos dispositivos. E assim, o servidor é utilizado

para comunicações e processamentos que não necessitem de uma resposta tão rápida.

2.7 Conectividade para IoT

A seguir são apresentados os protocolos de comunicação e as tecnologias para transmissão de dados mais utilizadas para conectividade de dispositivos IoT atualmente e que são citadas no decorrer da dissertação.

2.7.1 Protocolos

Protocolos de comunicação são necessários para que diferentes objetos inteligentes e outros equipamentos sejam capazes de se comunicar. Existem vários protocolos utilizados em IoT e, de acordo com a categorização de (AL-FUQAHA *et al.*, 2015), se dividem nas camadas de aplicação, descoberta de serviço e infraestrutura (rede, *link*, física). Nessa seção serão descritos somente os protocolos de aplicação CoAP e MQTT, pois são os mais utilizados e citados durante a dissertação.

O CoAP, ou *Constrained Application Protocol*, é um protocolo da camada de aplicação focado em dispositivos de Internet das Coisas que possuem recursos limitados. Ele contém como características o baixo consumo de recursos, tradução de/para *HTTP*, e utiliza o estilo arquitetural REST (*Representational State Transfer*), tendo suporte aos métodos *GET*, *POST*, *PUT*, *DELETE* (SANTOS *et al.*, 2016) (AL-FUQAHA *et al.*, 2015). Porém, diferente do REST, o CoAP usa o protocolo UDP, junto com um mecanismo de confiabilidade de mensagens.

Message Queuing Telemetry Transport (MQTT) é um protocolo simples e leve que também está na camada de aplicação e baseia-se no padrão *publish/subscribe* para transferir as mensagens (SANTOS *et al.*, 2016). Sua principal aplicabilidade é para dispositivos de Internet das Coisas em comunicação M2M (*Machine to Machine*) e dispositivos móveis. Como o MQTT utiliza o paradigma *publish/subscribe*, ele implementa um *middleware* chamado de *broker*. O *broker* é responsável por receber, enfileirar e disparar as mensagens recebidas dos *publishers* para os *subscribers*. O MQTT utiliza o protocolo TCP/IP e ambos, cliente e *broker*, necessitam da pilha TCP/IP para o seu funcionamento. Assim, ele possui configurações de garantia de entrega com 3 tipos de qualidade de serviço (AL-FUQAHA *et al.*, 2015).

2.7.2 *Tecnologias de Transmissão de Dados*

Assim como os protocolos, também existem várias tecnologias de comunicação. Para dispositivos IoT, normalmente, são utilizadas tecnologias sem fio e/ou que possuem baixo consumo de energia. Nessa seção serão descritos o *Bluetooth*, *Sigfox* e *Wi-Fi* que são citados durante a dissertação.

O *Bluetooth* é uma tecnologia de comunicação sem fio para pequenas distâncias presente em vários tipos de equipamentos utilizados hoje como *notebooks*, relógios, *smartphones*, *headsets*. Sua versão 4.0, o *Bluetooth Low Energy* (BLE) (HEYDON, 2013), possui baixo consumo de energia, de 0.01 mW a 10 mW, o que pode aumentar o tempo de vida de equipamentos com bateria. O BLE também opera em 2.4 GHz, a banda para aplicações médicas, industriais e científicas (ISM) e transmite dados a um taxa de até 1 Mbps, com seu alcance podendo chegar a distâncias de até 100 metros.

O *Sigfox* é uma tecnologia proprietária desenvolvida pela empresa francesa *Sigfox* (WND BRASIL, 2017). Ela é uma variação do sistema celular que permite que dispositivos se conectem a uma estação base *Ultra Narrow Band* (UNB) que opera na banda de 868/902 MHz (ISM). Cada estação base pode gerenciar até 1 milhão de dispositivos (SILVA *et al.*, 2017). Mesmo sendo uma tecnologia de baixo consumo, a sua cobertura pode chegar até 50 km em áreas rurais e 10 km em áreas urbanas. O *Sigfox* é feito para transmissão de baixa quantidade de dados, pois cada dispositivo pode enviar até 140 mensagens por dia de 12 bytes à 100 bps.

O padrão IEEE 802.11 descreve as redes locais sem fio, popularmente conhecidas como redes *Wi-Fi*. Ela é um tecnologia de comunicação bastante utilizada em aparelhos do nosso cotidiano. O *Wi-Fi* tem uma taxa de dados de 11 Mbits/s a 54 Mbits/s e opera na faixa de frequência não licenciada de 2,4 a 5 GHz (KUROSE; ROSS, 2013). O alcance da rede varia de acordo com o ambiente (fechado ou aberto) e de acordo com o padrão (b, g, n, a), chegando de 30 metros a 250 metros. Embora essa seja uma tecnologia bastante difundida facilitando a interoperabilidade de dispositivos IoT com outros equipamentos, essas suas versões ainda consomem consideravelmente mais energia do que as tecnologias já citadas, o que diminui o tempo de vida de dispositivos alimentados por bateria.

2.8 Crowdsourcing

Com a Internet e a abundância de pessoas conectadas utilizando diversas aplicações ocorreu a disseminação da prática do *crowdsourcing*. *Crowdsourcing* ocorre quando os usuários têm o potencial de contribuir com alguma forma de conhecimento com certo valor. Um processo típico de *crowdsourcing* se baseia em uma entidade ou pessoa publicar uma aplicação e oferecer alguma forma de compensação, ou não, para os interessados em contribuir. *Crowdsourcing* é formado por um grande número de pessoas, com conhecimentos, atividades, ou informações do seu entorno. Após a colaboração dos indivíduos, aquele que publicou a aplicação pode fazer uso livremente daquela informação (ZHAO; ZHU, 2014).

Como exemplo temos o aplicativo *Waze* (WAZE MOBILE, 2017), um aplicativo de trânsito e navegação em que os usuários contribuem para o mapa e estado do trânsito a partir de seus dados do GPS do *smartphone* e edições no mapa pelos usuários para informar acidentes, buracos na pista, obras, modificação de rotas de ruas, etc.

Baseado nas informações fornecidas por um grande número de usuários, seja por contribuições ativas como preenchimento direto de formulários, ou passivas, como dados adquiridos dos sensores do *smartphone* sem a percepção dos usuários, pode-se gerar um grande conjunto de aplicações.

O *crowdsourcing* poderia beneficiar aplicações no sentido da população contribuir com informações sobre doenças que já tiveram, fazendo denúncias de focos de mosquitos encontrados e de lixo acumulado, ou outras formas de cooperação. Existem alguns aplicativos, desenvolvidos para a cidade de Fortaleza, que oferecem esse tipo de serviço como o “Aedes em Foco” (LME, 2017) e o “Xô, Mosquito!” (O POVO, 2017). O “Aedes em Foco” é um aplicativo criado por alunos e professores do Instituto UFC Virtual que envolve a população na tarefa de reduzir focos do mosquito através de brigadas e denúncia. Já o “Xô, Mosquito!” (O POVO, 2017) é um aplicativo desenvolvido pelo Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor) que também apresenta uma lista de locais propícios de foco de mosquito para ser examinado, denúncia de foco e consulta do número de casos notificados por bairro. Ambas aplicações poderão fazer parte de parceria para aquisição de dados para o estudo em trabalhos futuros.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Há alguns anos, alguns tipos de arboviroses como Dengue, *Zika* e *Chikungunya* vêm causando um grande número de cidadãos doentes e mortes em cidades com clima tropical, incluindo Fortaleza. Infelizmente, as medidas de combate a essas doenças somente são tomadas após o surto estar instalado e após o vetor de transmissão, o mosquito infectado, já estar espalhado em grandes quantidades pela cidade. Alguns pesquisadores já trabalharam em algumas soluções para contribuir com o melhoramento da área da saúde de suas cidades ou países.

Particularizando para o problema em questão, pesquisas relacionadas ao controle e/ou predição de arboviroses serão abordadas nesse capítulo. Foram utilizadas combinações das palavras chave como Internet das Coisas, arquitetura, predição de arboviroses, análise de dados de arboviroses, ferramentas de combate e controle a arboviroses, aprendizado de máquina, dados climáticos, dados meteorológicos. O termo arboviroses também foi substituído por Dengue, *Zika* e *Chikungunya* separadamente. Foram utilizadas as bases de pesquisa *ACM Digital Library*, *ScienceDirect*, *Ieee Xplore*, Google Acadêmico e periódico da Capes. Não foi imposto limite de anos nas pesquisas.

Na seção 3.1 é feita uma descrição desses trabalhos relacionados e na seção 3.2 é mostrado uma comparação da pesquisa em questão e dos trabalhos relacionados.

3.1 Descrição dos Trabalhos Relacionados

(SAREEN *et al.*, 2017), em Amritsar, Índia, propôs um sistema baseado em computação em nuvem para prevenir e controlar a propagação do vírus da *Zika* usando a integração do *smartphone* e de dispositivo de Internet das Coisas, o qual teria um sensor para detectar a quantidade de mosquitos de uma área. Esse dispositivo se comunicava com o sistema detectando locais de infestação do mosquito.

Os autores utilizaram *Naive Bayesian Network* (NBN) para diagnosticar possíveis usuários infectados através dos seus sintomas e usaram o *Google Maps* para apontar as áreas de risco para prevenir surtos. O algoritmo de diagnóstico utilizou um *dataset* de 2 milhões de pessoas com informação demográfica e pessoal obtida no censo. Já o *dataset* com localização do foco de mosquito, locais de reprodução de mosquitos e os sintomas dos pacientes foram gerados sinteticamente. As informações dessas localizações alimentaram o mapa, o qual dá a opção de re-roteamento para usuários não infectados não passarem ou ficarem na região.

Na pesquisa bibliográfica realizada foram encontrados dois trabalhos brasileiros: um da cidade de Marília, São Paulo, e outro do Distrito Federal, Brasília. Eles trabalharam com sistemas para endemia e epidemia. No Distrito Federal, (VARELA, 2017) desenvolveu um aplicativo *Android* para rastreamento endêmico e apresentação de dados com o objetivo de auxiliar o trabalho dos profissionais da saúde da cidade no combate às doenças de *Zika*, *Chikungunya* e Dengue. (VARELA, 2017) também atualizou informações geográficas, dados e gráficos de uma página web previamente desenvolvida por outros alunos. O rastreamento endêmico foi feito com dados do IBGE, OMS, OPAS e DATASUS. Em Marília, (GALORO, 2015) desenvolveu um sistema WEB com mapa para gestão e visualização de informações endêmicas com filtros por doença e data da epidemia da cidade. Esse sistema adquire dados do preenchimento de formulários em instituições de saúde a partir de constatação com exame e do preenchimento de formulário pela população.

Com o intuito de prover avisos antecipados de surtos de Dengue em Kaohsiung, Taiwan, (LEE *et al.*, 2015) investigou a relação de incidência de casos de dengue com densidade populacional, dados climáticos de temperatura, umidade e chuva, e dados de sensores sociais, como mensagens em redes sociais. Os autores dividiram o número de casos por semana. Para os experimentos foram adquiridos dados de 2005 a 2013. Na pesquisa, treinou-se o algoritmo SVM (*Support Vector Machine*) com dados de cada ano separadamente, por semana, para tentar classificar qual ano se assemelhava mais à 2013. No fim da pesquisa, foi mostrado um gráfico com as precisões dessa classificação para cada ano e, para o caso estudado, 2005 foi o que mais se assemelhou a 2013. Baseado nisso, indicou-se que era possível tentar prever os casos de 2013.

(OTHMAN; DANURI, 2016) propôs um *framework* para um sistema de vigilância ativa de Dengue na Malásia, com o objetivo de aviso prévio de surto. Os dados de entrada do *framework* foram dados de redes sociais e dados climáticos do *website* do órgão responsável. A estrutura do *framework* proposto foi, na ordem, uma agregação de dados, um mecanismo de filtragem, um módulo de análise com algoritmos de aprendizado de máquina e cálculos matemáticos e, finalmente, a apresentação dos resultados para o usuário através de alguma aplicação WEB ou *mobile* e mensagens SMS. Segundo o artigo, o *framework* proposto ainda precisava ser validado e não foi realizada nenhuma análise sobre os dados. No entanto, os autores afirmaram que somente a proposta baseada em extensa pesquisa seria de grande contribuição para os sistemas da saúde pública.

O artigo de (SINGH *et al.*, 2018) propôs um *framework* baseado em arquitetura de

fog computing, o qual classificou os pacientes em infectados, não infectados e caso grave de Dengue através do algoritmo de árvore de decisão. Eles usaram um *dataset* da Índia do ano 2010. O objetivo dessa pesquisa foi desenvolver um sistema que fosse capaz de classificar o paciente de acordo com os grupos acima mencionados usando objetos IoT e arquivos de áudio e vídeo. Porém o trabalho não descreveu quais objetos IoT seriam utilizados para tal. A arquitetura foi definida em 3 camadas, sendo elas: a camada de sensores IoT, vídeo e áudio; a de infraestrutura de *fog* e a de computação na nuvem.

Os autores propuseram que a classificação dos pacientes nas categorias mencionadas e o pré-processamento dos dados relacionados a sintomas da Dengue fossem feitos na *Fog*; e que os dados crus (cadastrais e sintomas) fossem salvos na nuvem. A *Fog* foi usada para que a solução tenha respostas rápidas e alta disponibilidade. No final, os autores fizeram uma comparação entre a *Fog* e a nuvem, tendo a camada de infraestrutura da *Fog* o menor tempo de resposta, porém métricas similares para a classificação dos pacientes e tempo de processamento.

Por fim, os autores de (TAZKIA *et al.*, 2015) propuseram um sistema de aviso antecipado para Dengue para detectar potenciais de surtos do vírus da Dengue baseados em cálculos estatísticos e *GIS* (*Geographic Information System*). Eles tiveram como objetivo analisar o desempenho do sistema, testando a precisão das previsões usando dados do distrito de Cempaka Putih na cidade de Jakarta, capital da Indonésia. Depois de um estudo exaustivo de seleção de atributos relacionados a fatores ambientais, clima e vigilância (casos da doença), as informações avaliadas que mais influenciaram foram: densidade de casas na área (pessoas infectadas), índice de larvas, quantidade de recipientes para foco de mosquito em potencial e precipitação média nos últimos 2 meses.

Os autores utilizaram o algoritmo *Naive Bayes*, um algoritmo de classificação, e dividiram 50% dos dados para treino e 50% para teste. Assim, o sistema alcançou uma precisão de 97,05% em termos de Média Geométrica, que, segundo os autores, é a medida usada para a classificação de desempenho da precisão dos cálculos processados por esse algoritmo, baseado em verdadeiro positivo, verdadeiro negativo, falso positivo e falso negativo. Além disso, a análise de erro da pesquisa revelou que a sensibilidade, especificidade, valor previsto positivo, e F1 do sistema foram, respectivamente, 94,52%, 99,65%, 98,57% e 96,50%, mostrando que é possível prever surtos de Dengue, ao possuir os dados adequados.

Tabela 1 – Comparativo dos trabalhos relacionados quanto a tópicos relacionados à análise de dados

Trabalhos Relacionados	Localidade dos datasets	Anos dos Datasets	Faz análise de dados	Dados usados	Doença Estudada	Algoritmo de M.L.	Auxílio a tomada de decisão preventiva	Integração de mais de um tipo de dado
Galoro, 2015	Marília, Brasil	2015	✗	Casos registrados de dengue	Dengue	✗	✓	✗
Lee et al., 2015	Kaohsiung, Taiwan	2005-2013	✓	Casos registrados, densidade populacional, dados climáticos e dados de redes sociais	Dengue	SVM - para predição de surto	✓	✓
Othman e Danuri, 2016	✗	Não definido	✗	Casos registrados, dados climáticos e dados de redes sociais	Dengue	✗	✓	✓
Sareen, 2017	Amritsar, Índia	2016	✓	Casos registrados com adição de dados sintetizados de sintomas e foco de mosquito	Zika	NBN - para classificar pacientes quanto a sintomas	✓	✓
Singh et al., 2018	Índia (cidade não especificada)	2010	✗	Dados cadastrais e sintomas dos pacientes, vídeos e áudios	Dengue	Árvore de decisão - para classificar pacientes quanto a sintomas	✗	✗
Tazkia et al., 2015	Jakarta, Indonésia	2012-2013	✓	Fatores de limpeza e saneamento, dados climáticos e casos de doença	Dengue	NBN - para predição de surto	✓	✓
Varela, 2017	Distrito Federal, Brasil	2014-2016	✓	Casos registrados arboviroses	Dengue, Zika e Chikungunya	✗	✓	✗
Pesquisa em questão	Fortaleza, Brasil	2011-2017	✓	Casos registrados, dados climáticos e dados de saneamento (sugere dados de foco de mosquito)	Dengue, Zika e Chikungunya	✗	✓	✓

Fonte: Elaborado pelo autor

3.2 Comparação dos Trabalhos Relacionados

As tabelas 1 e 2 mostram uma comparação dos trabalhos correlatos. Todos os atributos foram escolhidos devido às contribuições e aos pontos em comum entre **os trabalhos relacionados e a proposta e resultados desta dissertação**. Eles foram lidos, analisados e decidiu-se compará-los em duas frentes: I) quanto a tópicos relacionados à análise de dados feita, e II) quanto às entradas, saídas e objetivos da solução. Os tópicos analisados em I foram: localidade dos *datasets*, anos dos *datasets*, se foi feita alguma análise de dados, quais dados usados, qual a doença estudada, se utilizaram algum algoritmo de aprendizado de máquina e qual seria, se auxiliavam a tomada de decisão preventiva e se utilizavam mais de um tipo de dados. Já os tópicos da comparação II foram: se a solução fazia uso ou era baseado em IoT, se a solução sugeria ou fazia uso de fonte de diagnóstico *point-of-care*, estação climática IoT, *crowdsourcing* e mapas epidêmicos, e quanto ao objetivo final.

De todos os atributos, os que se considerou mais relevantes são se as soluções eram baseadas em IoT e se integraram mais de um tipo de dado, e o objetivo. Baseado na comparação de todos os atributos das tabelas 1 e 2, e desses citados como mais relevantes, os trabalhos que

Tabela 2 – Comparativo dos trabalhos relacionados quanto a entradas, saídas e objetivos da solução

Trabalhos Relacionados	Baseado em IoT	Diagnóstico Point-of-care ou sensores IoT	Estação Climática IoT	Crowdsourcing	Uso de mapas	Objetivo Final
Galoro, 2015	✗	✗	✗	✓	✓	Desenvolver um mapa georeferenciado para a gestão e visualização de informações endêmicas da região
Lee et al., 2015	✗	✗	✗	✓	só para mostrar regiões que foram afetadas	Investigar uma maneira de entender como a tendência temporal do conjunto de dados coletados se correlaciona com a incidência de dengue, e propor framework de aviso antecipados de surtos
Othman e Danuri, 2016	✗	✗	✗	✓	✗	Propor framework de sistema de aviso antecipado de surto de Dengue
Sareen, 2017	✓	✓	✗	✓	✓	Propor sistema baseado em nuvem para prevenir e controlar a propagação do vírus da Zika
Singh et al., 2018	só cita, não descreve	diagnóstico através de software	✗	✗	✗	Propor arquitetura com uso de fog para diminuir latência de resposta de diagnóstico
Tazkia et al., 2015	✗	✗	✗	✗	✗	Predição de surto de Dengue
Varela, 2017	✗	✗	✗	✗	✓	Produção de um aplicativo android para rastreamento endêmico de arboviroses e integrar com SIG
Pesquisa em questão	✓	✓	✓	✓	✓	Propor e averiguar arquitetura baseada em IoT para auxílio a tomada de decisão de prevenção e controle de surto de arboviroses

Fonte: Elaborado pelo autor

mais se assemelham à pesquisa dessa dissertação são os de (SAREEN *et al.*, 2017), (OTHMAN; DANURI, 2016) e (LEE *et al.*, 2015). Porém, eles não contemplam todos os aspectos levantados em conjunto.

A pesquisa em questão pretende contribuir com a arquitetura proposta para aquisição, tratamento e visualização de dados heterogêneos adquiridos de dispositivos IoT de diagnóstico, dados climáticos de estações IoT e dados de *crowdsourcing*; e com o estudo de caso da análise de dados de Fortaleza, a fim de verificar se os dados selecionados são relevantes para servir de entrada para a arquitetura proposta. Com o uso de tal arquitetura, aspira-se indicar surtos na cidade a fim de que seja tomada alguma decisão de controle de surtos/epidêmico, geração de alertas, identificação de áreas mais afetadas e tentativa de extração do conhecimento das razões dos surtos.

4 PROPOSTA DA ARQUITETURA

Este capítulo apresenta com mais detalhes desta arquitetura baseada em IoT proposta. Como descrito nos capítulos anteriores, essa arquitetura é uma particularização de uma arquitetura IoT geral, sendo voltada para a área da saúde. Uma visão geral é apresentada na seção 4.1, além de ser abordado os usuários envolvidos, os requisitos e escopo da pesquisa relacionados à arquitetura. A seção 4.2 apresenta quais camadas a solução propõe e explica em linhas gerais os componentes principais em que cada camada se baseia.

4.1 A Arquitetura

A proposta dessa pesquisa é definir a estrutura de uma arquitetura que explore a horizontalidade e transversalidade dos dados em aplicações de IoT para apoio à área da saúde em cidades inteligentes. Para alcançar esse objetivo, a arquitetura propõe a utilização de dados de diversas fontes existentes e em desenvolvimento, a fim de melhorar as análises e previsões de surto de arboviroses em grandes cidades, agregando, tratando e disponibilizando essa informação através de diferentes formas de visualização como mapas endêmicos/epidêmicos e gráficos.

Segundo (AL-FUQAHA *et al.*, 2015), alguns modelos arquiteturais para aplicações IoT em geral foram propostas, porém ainda não se chegou a um modelo de referência ideal, pois pela diversidade de objetos inteligentes, de domínios de aplicações e necessidades de pesquisadores e da indústria, é preciso um modelo mais flexível e abrangente. Na discussão feita por (AL-FUQAHA *et al.*, 2015), o modelo de arquitetura considerado mais completo é o de 5 camadas (KHAN *et al.*, 2012), (WU *et al.*, 2010), (KRCO *et al.*, 2014). Esse modelo mostra-se abrangente e apresenta uma estrutura que possa descrever melhor as funcionalidades disponibilizadas pelo contexto de Internet das Coisas. É nessa estrutura, a qual já foi explanada na seção 2.1 e ilustrada na figura 6, que a arquitetura proposta se baseará.

Como visto nos capítulos anteriores foi realizada revisão bibliográfica e estudo de campo para ampliar a compreensão do domínio da aplicação e definir quais informações e dispositivos seriam fundamentais para a arquitetura proposta. Baseado nisso, foram levantados requisitos para essa estrutura fundamentados nos problemas e necessidades do público estratégico.

Sobre o público de interesse, existem dois grupos de usuários que podem se beneficiar da pesquisa:

- Pesquisadores da área de tecnologia e saúde, e funcionários de órgãos públicos e privados que possuem a necessidade de desenvolver ferramentas para ajudar suas instituições a controlar, acompanhar e evitar ocorrências de arboviroses em suas cidades. Esses irão se basear nas informações da pesquisa e provas de conceito para ajudá-los.
- Os usuários finais: a própria população, os profissionais da área de saúde, o governo e os agentes de saúde. Esses usuários se beneficiarão dos resultados das ferramentas citadas acima, que contribuirão para melhorias das ações do governo e ações da população para diminuição e controle dos casos de Dengue, Zika e Chikungunya.

Segundo a Organização Mundial da Saúde faltam soluções que ajudem na predição, controle e acompanhamento de Dengue, e conseqüentemente das arboviroses (OHW, 2012). Dessa forma, ferramentas desenvolvidas baseadas na arquitetura, auxiliariam os usuários interessados, e esses teriam maior suporte para agir na predição, controle e acompanhamento dessas doenças. Então, a arquitetura surgiu dessa carência. A respeito dos requisitos, ou seja, das necessidades que a arquitetura precisa atender, os seguintes aspectos foram levantados:

- Necessidade de obter dados meteorológicos com maior precisão espacial. Segundo literaturas ((TAZKIA *et al.*, 2015), (LEE *et al.*, 2015) , (OTHMAN; DANURI, 2016), (LOPES *et al.*, 2014), (TAZKIA *et al.*, 2015)) é identificado que fatores climáticos influenciam nos casos. Porém, por questão do custo das estações meteorológicas profissionais, não há uma grande quantidade de sensores climáticos espalhados pelas cidades que sejam suficientes para se obter melhor precisão espacial. Estações mais simples, porém funcionais, ajudariam a obter essa informação climática com assertividade e distribuição espacial.
- Necessidade de obter informações diversificadas relacionadas a essas doenças, para reforçar a compreensão das ocorrências de arboviroses e, conseqüente, reforçar a ação dos usuários finais.
- Necessidade de juntar e integrar os dados adquiridos para acesso remoto.
- Necessidade de visualização das informações de forma compreensível e integrada, que ajudem na predição, controle e acompanhamento de arboviroses.

Por ser uma pesquisa multidisciplinar, a pesquisa não irá englobar a solução dos seguintes problemas:

- Dados de saúde são dados bastante sensíveis e necessitam de confidencialidade e segurança. Porém, esse problema de segurança da informação não será abordado nessa pesquisa. É sugerido que as informações manipuladas não identifiquem os pacientes envolvidos, o que

foi feito nessa pesquisa.

- Também está fora do escopo a validação da escalabilidade do modelo.
- Não está no escopo abordar os problemas de crowdsourcing, tais quais incentivos à colaboração dos usuários e veracidade das informações.
- Não serão testados e avaliados algoritmos de aprendizado de máquina com os dados adquiridos. Foi realizado somente um estudo dos dados e quais variáveis seriam importantes como entrada para tais algoritmos, baseado nos trabalhos relacionados encontrados.

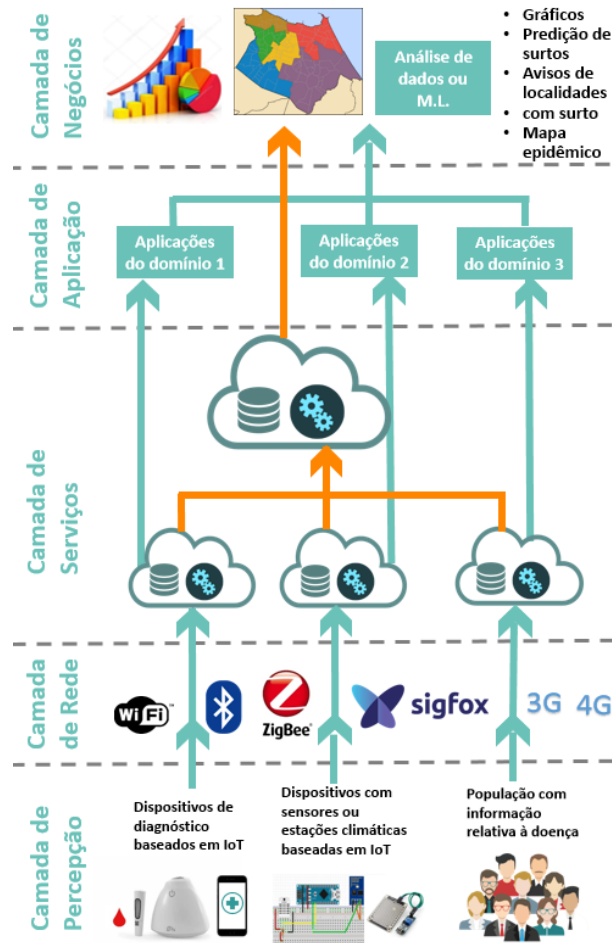
4.2 Camadas da Arquitetura

Ilustrada na estrutura da figura 10, a arquitetura completa é projetada para receber dados de dispositivos IoT de diagnóstico, dados de dispositivos IoT com sensores de grandezas climáticas, e dados adquiridos (por exemplo, saneamento e foco de mosquito) com o auxílio da população (camada de percepção). Após os dados serem adquiridos, eles serão transmitidos por meio de alguma tecnologia de comunicação (camada de rede) e estes devem ser agregados, armazenados e pré-processados (camada de serviço). Na camada de serviço, também serão selecionados os atributos necessários para que eles sejam estruturados da maneira adequada a fim de servir como entrada de algoritmos de análise de dados ou algoritmos de aprendizado de máquina. A camada seguinte é a de aplicação, onde os usuários poderão ter acesso a serviços inteligentes de cada nicho separadamente (*healthcare*, monitoramento ambiental). Por fim, na camada de negócios fica a apresentação do resultado da integração desse processo. Nessa camada é possibilitado o gerenciamento de informações de diversos domínios em conjunto e é proposto, para este caso, a visualização em forma de mapas e/ou gráficos a fim de auxiliar nas tomadas de decisões e estratégias contra surtos das doenças.

4.2.1 Camada de Percepção

Dois aspectos relevantes da arquitetura são quais os tipos de dados importantes a serem adquiridos e de quais fontes adquirir esses dados futuramente. Em reuniões com profissionais de epidemiologia e da saúde, e em pesquisa de artigos descritos em trabalhos relacionados ((TAZKIA *et al.*, 2015), (LEE *et al.*, 2015), (OTHMAN; DANURI, 2016), (SAREEN *et al.*, 2017)) foram levantados alguns fatores que podem influenciar na análise dos casos, predição de surto de arbovirose e tomadas de decisões. Esses fatores foram pontos determinantes para a

Figura 10 – A arquitetura proposta.



Fonte: Elaborado pela autora

escolha das fontes de entrada de dados e, dentre eles pode-se citar:

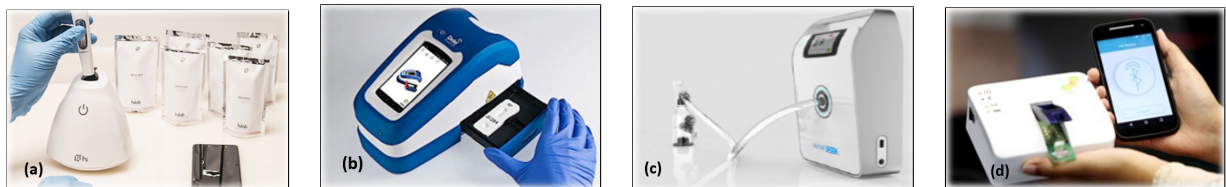
1. Aspectos climáticos como pluviometria, temperatura e umidade, pois a proliferação do vetor de transmissão (o mosquito *Aedes aegypti*) depende diretamente desses fatores. O mosquito transmissor necessita depositar seus ovos em superfície de água limpa e só se desenvolvem em determinada variação de temperatura. Pode-se considerar a média das medidas nos últimos 2 meses.
2. População suscetível à doença: no caso de arboviroses, quando uma parcela da população é infectada em determinado ano, essa parcela será imunizada para aquele tipo de vírus, conseqüentemente, o surto de determinada doença, por exemplo, Dengue tipo 1, não ocorrerá por algum tempo. Além disso, quanto maior a quantidade de pessoas infectadas em uma região, maior a probabilidade de o mosquito picá-las e transmitir a doença.
3. Saneamento ambiental e focos de mosquito na proximidade do espaço de convivência da população.

4.2.1.1 Dispositivos de Diagnóstico ou Teste Baseados em IoT

Informações de dispositivos de diagnóstico ou teste, também conhecidos como dispositivos *point-of-care* (PoC), podem ser adquiridas e servir como entrada para a arquitetura. Como esses equipamentos possuem interface com a Internet, os diferenciais de utilizar esses dispositivos são a velocidade dos resultados e instantaneidade com que essas informações podem ser disponibilizadas e utilizadas em relação aos exames usuais. Atualmente, os pacientes realizam exames em laboratórios e, normalmente, recebem o resultado após horas ou dias. Os órgãos de saúde responsáveis somente são notificados sobre o acontecimento de determinadas doenças após alguns dias ou semanas, o que dificulta e atrasa a ação desses órgãos. E em alguns casos nem mesmo são notificados.

Dentre alguns exemplos de aparelhos *point-of-care* de diagnóstico que estão sendo desenvolvidos ou introduzidos nos mercados, ilustrados na figura 11, pode-se citar: (a) o *Hilab*, dispositivo da *Hi Technologies* (HI TECHNOLOGIES, 2017), que fornece um serviço de telemedicina executando testes laboratoriais rápidos, como HIV, vírus Zika, Dengue, e teste de gravidez. Diferente do exame de sangue tradicional, o usuário coloca uma amostra de sangue em uma cápsula e insere no dispositivo. Os dados são lidos e enviados para profissionais da saúde pela Internet que avaliarão e emitirão o laudo de volta ao usuário; (b) o dispositivo da *Fio Corporation* (FIO CORPORATION, 2017) para diagnóstico de Ebola; (c) o da *Avisa Pharma* (AVISA PHARMA, 2017) para testes de doenças respiratórias; (d) e o da *Táquion HealthCare*¹ da empresa Táquion Inovação (TAVARES, 2017), o qual está em desenvolvimento, para diagnóstico de arboviroses e outras doenças infecciosas.

Figura 11 – Exemplos de dispositivos *point-of-care* disponíveis no mercado e em desenvolvimento.



Fonte: (a) *Hilab*, (b) *Fio Corporation*, (c) *Avisa Pharma*, (d) *Táquion HealthCare*

Quando a utilização for amplamente aderida, esses dispositivos embarcados poderão fazer parte da rotina de hospitais, clínicas, laboratórios e ações em campo, possibilitando o

¹ A autora trabalhou no desenvolvimento do equipamento *point-of-care* para diagnóstico de doenças com uso de IoT

monitoramento em com atraso bem menor que nos cenários atuais e disponibilizando maior número de casos comprovados de doenças.

4.2.1.2 Estação Meteorológica Baseada em IoT

Tomando como exemplo o caso da cidade de Fortaleza no estado do Ceará, a Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) (FUNCEME, 2017) tem somente 4 estações pluviométricas distribuídas pela cidade e apenas uma Plataforma de Coleta de Dados (PCD) para adquirir temperatura, umidade e pluviometria (de forma automatizada). Isso não ocorre somente em Fortaleza, mas também em outras cidades do Brasil. Uma das razões para isso é o alto custo de cada PCD.

Com mini-estações meteorológicas de baixo custo espalhadas pela cidade seria possível obter dados mais precisos dos microclimas das regiões da cidade, ao invés do uso da técnica de interpolação de dados. Essas estações podem conter sensores de umidade, temperatura e pluviometria disponíveis no mercado a um custo menor, porém com menor precisão, porém, mesmo assim, coerentes com parâmetros de referência. Alguns autores já implementam algumas soluções semelhantes como (AGUIRRE, 2017), que desenvolveu um sistema de gerência de risco de enchentes para cidades inteligentes em São Paulo; e (CHAPMAN *et al.*, 2014), que apresenta um sistema de manutenção de estradas no inverno no Reino Unido. Ambos os trabalhos utilizam todos os sensores citados anteriormente. Futuramente, alguns objetos poderão ter esses sensores físicos integrados ao seu sistema e poderão fornecer essas medidas como, por exemplo, hortas residenciais inteligentes ou sistemas de automação do ambiente residencial e predial.

4.2.1.3 Crowdsourcing

Informações disponibilizadas com a contribuição da população de maneira consciente ou involuntária podem ajudar na análise. Dados sobre foco de mosquito, saneamento ambiental e limpeza urbana podem ser adquiridos através de dois tipos de fontes: i) aplicativos especificamente desenvolvidos para esse fim e, ii) uso de *scripts* de mineração de dados em mensagens de redes sociais.

Como exemplo de aplicativos móveis desenvolvidos que contam com a colaboração da população auxiliando o combate e a disponibilização de informações sobre doenças e o mosquito *Aedes aegypti* na cidade de Fortaleza, podemos citar o “Aedes em Foco” e o “Xô, Mosquito!”. O “Aedes em Foco” (LME, 2017) é uma aplicação desenvolvida por pesquisadores

e estudantes do Instituto UFC Virtual, que envolve a população na tarefa de reduzir focos do mosquito, além de verificar e denunciar locais de possíveis focos. O “Xô, Mosquito!” (O POVO, 2017) é um aplicativo similar desenvolvido pelo Instituto de Planejamento de Fortaleza (Iplanfor), que também apresenta o *checklist* de locais para serem examinados, denúncia de foco por mensagem e consulta do número de casos notificados por bairro, visualizado através de uma lista por bairros.

Algumas soluções de *crowdsourcing* utilizam a técnica de aquisição das mensagens de redes sociais através de APIs e fazem a mineração das palavras podendo classificar os assuntos utilizando algoritmos de aprendizado de máquina, e outras soluções utilizam ferramentas como o *Mechanical Turk*, *InnoCentive* (DOAN *et al.*, 2011) e o *Tweepsmap* (TWEEPSMAP, 2018). Como amostra de mineração de redes sociais, pode-se citar o trabalho desenvolvido em Taiwan por (LEE *et al.*, 2015), o qual usa mensagens de redes sociais relacionadas aos surtos de Dengue junto a outros dados para predizer o surto.

Assim, dados provenientes de *crowdsourcing* aparecem como a terceira sugestão de fonte para o modelo arquitetural, pois podem contribuir para a análise final, preenchendo alguma lacuna de informação caso as fontes citadas anteriormente nas seções 4.2.1.1 e 4.2.1.2 não consigam responder às perguntas dos usuários para tomada de decisão.

4.2.2 Camada de Rede

Essa é a camada responsável por transferir os dados das fontes citadas da camada de percepção para a camada de serviço de forma segura. Essa transmissão acontece através de tecnologias de comunicação de dados, que podem ser de curta distância, tais como *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *ZigBee* (KUMAR *et al.*, 2017), etc; ou de grande alcance, como por exemplo *3G/4G*, *LoRA*, *Sigfox*, etc ((GARCÉS, 2017), (KUROSE; ROSS, 2013)).

Dependendo de quais dispositivos envolvidos e do local onde eles sejam implantados, teria uma tecnologia de comunicação mais adequada para integrar a esse dispositivo em seu desenvolvimento. Tomando por exemplo as estações climáticas IoT, pode ser utilizado I) a tecnologia *Sigfox* (WND BRASIL, 2017), caso o equipamento estivesse em um local mais distante de uma infraestrutura predial ou residencial, por se tratar de uma tecnologia de menor consumo energético e maior alcance; II) a tecnologia *Wi-Fi* (sem necessidade de *gateway*) caso o equipamento estivesse próximo de uma infraestrutura predial ou residencial, não necessitando preocupação com consumo energético ou amplo alcance; ou III) *Bluetooth* (com necessidade de

gateway) caso o equipamento estivesse próximo de uma infraestrutura predial ou residencial, com preocupação com consumo energético e sem preocupação com amplo alcance.

Dentre alguns protocolos de comunicação que podem ser usados, podemos citar o MQTT e o COAP, os quais são bastante utilizados para aplicações IoT (AL-FUQAHA *et al.*, 2015). Do mesmo modo que as tecnologias de comunicação, a adequação dos protocolos também deve variar de acordo com os dispositivo e sua função. O MQTT é um protocolo leve baseado em mensagens que segue o padrão *publish/subscribe* e utiliza conexão TCP, podendo adequar a qualidade de serviço. A estação meteorológica pode fazer uso desse protocolo. Já o CoAP é um protocolo de transferência de documentos, compatível com o protocolo HTTP, mas mais leve. Caso o dispositivo for se comunicar com aplicações de um servidor *Web* existente, esse seria mais adequado, como no caso dos *point-of-care*.

4.2.3 *Camada de Serviço*

É na camada de serviço que os dados obtidos de diferentes fontes são armazenados e processados. Também pode haver aqui uma primeira etapa de análise, a fim de gerenciar e enviar alguma decisão automática aos dispositivos IoT. Com os dados disponíveis nessa infraestrutura, é possível realizar a tarefa de pré-processamento dos mesmos, limpeza de dados errôneos vindos dos sensores e filtragem de dados indesejados, estruturando as informações para o formato necessário para as próximas camadas.

Estes atributos formatados poderão ser selecionados a fim de servir como entrada de análise de dados e cálculos estatísticos, além de servir de alimentação de algoritmos de aprendizado de máquina para responder a determinadas perguntas de maneira automática (MARJANI *et al.*, 2017).

No que se refere a cálculos estatísticos, podem ser realizados cálculos de média, frequência com que ocorrem, variância, desvio padrão, distância euclidiana entre entidades que se quer comparar, entre muitas outras operações (TRIOLA, 2014).

Em relação a algoritmos de aprendizado de máquina, dado o que foi explicado na seção 2.5 do capítulo 2, perguntas como se haverá ou não surto de arboviroses naquele período e naquela região podem ser respondidas com modelos de classificação, através de treinamento com diferentes atributos que indiquem surto como: presença de foco, presença de recipientes para crescimento de larvas, temperatura e pluviometria propícias, presença de pessoas infectadas, etc. Outra resposta automática seria estimativa da quantidade de casos de arboviroses que ocorrerá

naquela região pode ser respondida com modelo de regressão, através de atributos com valores de quantidades referentes aos mesmos índices que indiquem surto, citados anteriormente. Todo o treino desses algoritmos e decisões automáticas podem ser processados na nuvem.

Atualmente, algumas limitações associadas aos dispositivos em Internet das Coisas podem ser supridas pela computação em nuvem, como restrições de processamento e armazenamento de dados. *Cloud Computing* (em inglês) é um paradigma baseado no compartilhamento de serviços, infraestrutura, armazenamento de dados e processamento disponibilizado sob demanda pela Internet para os usuários (DÍAZ *et al.*, 2016). Podemos citar as seguintes categorias de computação em nuvem: I) SaaS (*Software* como Serviço), que disponibiliza aplicações para os usuários; II) PaaS (Plataforma como Serviço), que oferece uma camada intermediária para os desenvolvedores implantarem e gerenciarem suas aplicações; e por fim, III) IaaS (Infraestrutura como Serviço), que é categoria mais próxima da infraestrutura e disponibiliza máquinas virtuais e armazenamento.

Nessa camada de serviço da arquitetura é sugerido utilizar a categoria IaaS ou PaaS, pois são as que permitem maior customização e escalabilidade para o armazenamento dos dados e implementação das APIs para acesso aos mesmos. Existem vários provedores que oferecem essas categorias aos usuários como o IBM Bluemix (IBM, 2017), o Google App Engine (GOOGLE, 2017), o Amazon AWS (AMAZON, 2017), o Microsoft Azure (MICROSOFT, 2017) e o ThingSpeak (MATHWORKS INC, 2018).

Como nessa arquitetura particular são envolvidos vários domínios de aplicação, cada domínio pode implementar seu serviço separadamente, com sua própria plataforma em nuvem e seus níveis de armazenamento e processamento, a fim de serem utilizados pelas suas aplicações separadamente. Porém, para entregar essa massa de dados à camada de negócios, é sugerido que seja realizado uma agregação e estruturação dos dados dos 3 domínios e seja disponibilizado através de API. A justificativa para tal sugestão é que o processamento de agregação e estruturação ficaria todo na nuvem, não sobrecarregando os sistemas da camada de negócio.

4.2.4 Camada de Aplicação

Essa é a camada onde as informações e funcionalidades são disponibilizados para os usuários. Nela, as aplicações de cada domínio poderão ser acessadas separadamente, de acordo com o serviço requisitado pelo usuário, como os serviços inteligentes de cuidados com a saúde

inteligente, agricultura inteligente, residências e prédios inteligentes, etc.

Como pode ser observado na figura 10, cada um dos objetos da camada de percepção podem fornecer conteúdo para cada uma de suas aplicações separadamente. Dispositivos de diagnóstico ou teste baseados em IoT podem cooperar com aplicações para diagnóstico e tratamento em hospitais e clínicas. As estações meteorológicas baseadas em IoT podem servir de ferramentas para órgãos governamentais e privados interessados em informações meteorológicas mais “granularizadas” e precisas. O *crowdsourcing* agregaria em aplicações de dados estatísticos sobre a população para órgão governamentais e privados.

4.2.5 *Camada de Negócios*

Essa seria a camada de gerenciamento e visão geral dos domínios de Internet das Coisas envolvidos nessa arquitetura. O objetivo da arquitetura proposta foca na agregação e gerenciamento desses dados heterogêneos para se obter um benefício a mais com a transversalidade de aplicações.

Como descrito anteriormente, os seguintes atributos podem ser relevantes para o estudo de arboviroses: pluviometria, temperatura e umidade; a quantidade de casos por período, data das notificações, localidade e tipo da doença; e quantidade de foco de mosquito por período e localidade.

Após toda a manipulação e análise do *big data* é importante mostrar a saída da arquitetura de maneira amigável para o usuário. Através da visualização dos dados, há a possibilidade de se extrair informações antes não percebidas, além de auxiliar a análise e compreensão do conjunto de dados através de representações visuais e mecanismos de interação. Com o objetivo de auxiliar os interessados no negócio, como órgãos responsáveis pela saúde pública, sugere-se que essa última camada seja composta por componentes de informações:

1. Mapas com combinação de informações: mapas da cidade em observação com diferença de coloração entre as regiões geográficas de acordo com a quantidade de casos, pluviometria, temperatura, saneamento ou foco de mosquitos.
2. Gráficos com dados estatísticos que possam ajudar no entendimento das epidemias.
3. Alertas: avisos de surtos ou do aumento de fatores que propiciam o surto.

5 PROVA DE CONCEITO E PROTÓTIPOS

No capítulo 4 foi proposta uma arquitetura que permitirá a análise de arboviroses em cidades inteligentes com maior diversidade de informações através do uso de objetos *IoT*. Esta seção apresenta a implementação de uma prova de conceito. Após o estudo e validação da importância desse conjunto de dados, foram implementados protótipos das diferentes camadas da arquitetura, com o objetivo de ilustrar a integração entre elas, abordando as tecnologias utilizadas, e mostrar sua capacidade de coletar, processar e tirar conhecimento desses dados.

Embora essa implementação não seja exaustiva, o seu conjunto pode demonstrar todo o processo *bottom-up* de fluxo das informações, passando pelas camadas de percepção, rede, serviços, aplicação e negócios. A figura 12 mostra um fluxograma do que foi implementado na prova de conceito.

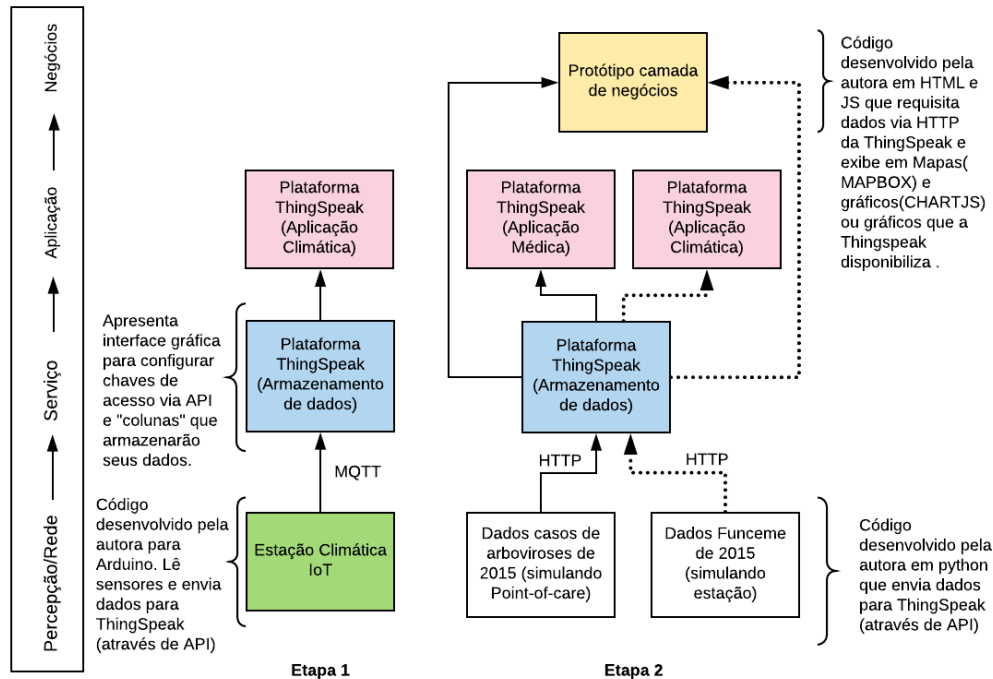
Na etapa 1 foi contemplada a implementação da camada de percepção, rede, serviços e aplicação. Nessa etapa 1 foi realizada a implementação de um protótipo de estação climática *IoT*, que engloba a camada de percepção e rede; e integração com plataforma de agregação de dados na nuvem, que abrange a camada de serviço e aplicação. A etapa 2, a fim de fazer uma demonstração com dados reais, simulou objetos *IoT* e contemplou todas as camadas. Nessa etapa 2, dados de casos de arboviroses e climáticos foram enviados separadamente para a plataforma de agregação de dados na nuvem, simulando as fontes da arquitetura; para cada uma dessas fontes foi produzida uma aplicação; e, após os dados estarem disponíveis na nuvem, foi desenvolvido um protótipo da camada de negócios que teria acesso às informações de todos os domínios para visualização final e auxílio à tomada de decisão.

5.1 Protótipo da Estação Climática *IoT*: Camadas de Percepção e Rede

Esse protótipo simula uma das fontes da camada de percepção (seção 4.2.1) da arquitetura. O protótipo da estação climática *IoT* tem em sua estrutura sensores, uma placa microcontrolada e módulo de comunicação. Ela foi desenvolvida com o objetivo de simular um “objeto *IoT* fonte” da arquitetura e analisar a obtenção de dados por sensores capazes de prover dados similares aos adquiridos com a Funceme.

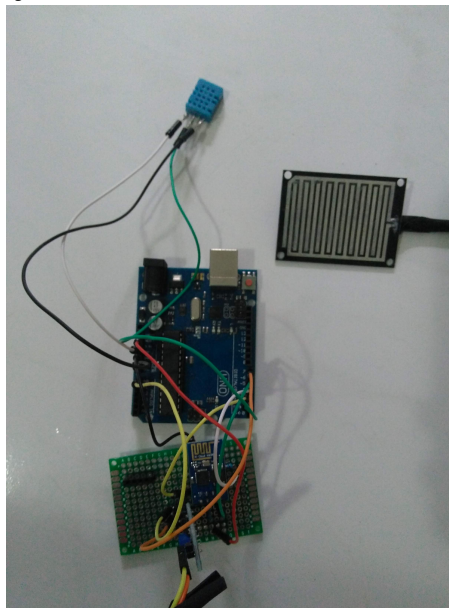
Os sensores utilizados na estação são: I) o sensor DTH11, o qual mede digitalmente a umidade e temperatura do ambiente, e II) o sensor de chuva. Esses tipos de sensores foram escolhidos por fornecerem a informação diretamente ligada ao estudo e por serem de fácil acesso

Figura 12 – Fluxograma da prova de conceito



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13 – Protótipo da estação climática IoT



Fonte: Elaborado pela autora

para compra por seu custo e disponibilidade.

A placa microcontrolada utilizada foi o *Arduino Uno*. O *Arduino* (ARDUINO, 2018) é uma plataforma eletrônica de código aberto constituída de um hardware e software destinado a projetos de interação com o ambiente com o objetivo de simplificar o desenvolvimento.

Fazendo referência à camada de rede (seção 4.2.2), é incorporado a esse protótipo o módulo de comunicação Esp8266, um módulo Wi-Fi de baixo valor, o qual é capaz de se

conectar à rede Wi-Fi do ambiente e enviar os dados climáticos através do protocolo HTTP ou MQTT para o serviço configurado. Como o MQTT é um protocolo leve para envio de mensagens de objetos inteligentes, esse foi o protocolo utilizado.

O *firmware* de controle para realizar a leitura dos sensores e enviar os dados através do Esp8266 foi desenvolvido pela autora, com o auxílio de algumas bibliotecas de código aberto disponíveis, e pode ser baixada no link¹ no repositório *GitHub*.

Depois da implementação desse protótipo da estação climática IoT, a coleta de dados foi realizada em duas localidades de Fortaleza com o objetivo de validar o protótipo comparando a medição com estação Funceme: I) Em localidade próxima à estação da Funceme no bairro Itaperi, mais precisamente a 1 km de distância e; II) Em um local mais afastado, no bairro de Fátima, a uma distância de 5,7 km. Esse último foi escolhido especificamente pela distância e pela disponibilidade de instalação da estação. A intenção de escolher esses dois locais foi verificar se em bairros ou regiões diferentes da cidade, haveria divergência de medidas.

A Funceme disponibiliza medidas de hora em hora. Essas coletas de dados da estação IoT ocorreram, aproximadamente, durante uma semana, em medições de intervalos de aproximadamente 15 em 15 minutos e, para fins de comparação e visualização, foi calculado a média das medidas no intervalo de cada hora do dia.

As confrontações dos valores são mostrados na Tabela 3. Para comparação de medidas de temperatura e umidade foi calculado o desvio padrão e valor máximo das diferenças entre a PCD da Funceme no Itaperi e as estações IoT bairro de Fátima e Itaperi. Para comparação de medidas relacionadas à chuva, como não foi possível adquirir pluviômetro, foram contabilizadas as horas de chuva equivalentes. Das 19 horas que choveram nesse período na Estação da Funceme, 3 horas da estação de Fátima coincidiram. Já na estação Itaperi, das 5 horas chovendo na estação Funceme no período, 4 horas coincidiram.

Tabela 3 – Comparação das medidas de temperatura, umidade e chuva entre o PCD da Funceme Itaperi e as estações IoT

Fonte	Temp. (D. P.)	Temp. (Dif. Máx.)	Umid. (D. P.)	Umid. (Dif. Máx.)	Chuva
Estação IoT Itaperi	1,70°C	2,64°C	10,9%	28%	4hs/5hs
Estação IoT Fátima	1,87°C	4,87°C	9,26%	32%	3hs/19hs

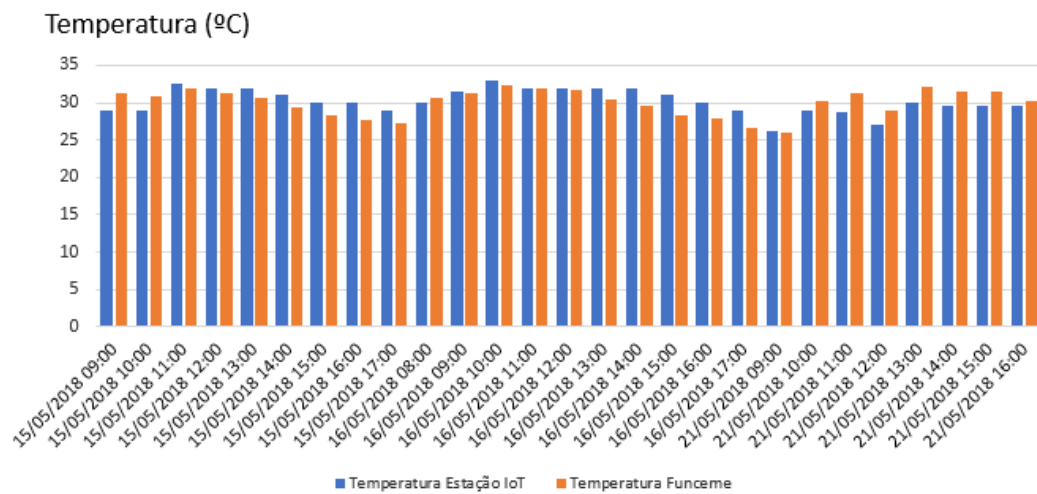
Fonte: Elaborado pelo autor

As figuras 14, 15, 16 e 17 ilustram essa comparação graficamente. Para não ficar difícil de visualizar, foram retirados alguns dias para compor o gráfico. De acordo com os

¹ <https://github.com/PriscyllaT/estacao-climatica-iot>

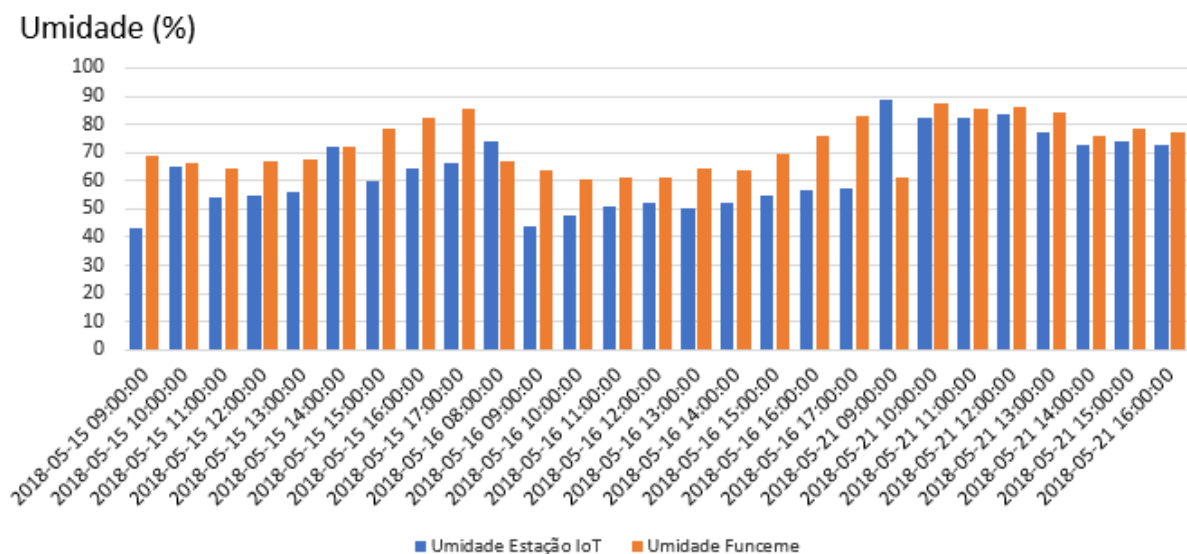
gráficos das amostras coletadas, podemos visualizar que o comportamento dos sensores se assemelham ao comportamento dos sensores da Funceme, indicando que é possível utilizar esse modelo de estação IoT. De acordo com a Tabela 3, podemos verificar que a estação IoT Itaperi, apresenta valores mais próximos dos sensores da Funceme, que os da estação IoT Fátima, por estarem em zonas climáticas mais próximas. É válido salientar que esse estudo pode ser mais aprofundado em trabalhos futuros e dispendo-se de mais recursos para os protótipos que os atuais.

Figura 14 – Comparação de temperatura entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Itaperi



Fonte: Elaborado pela autora

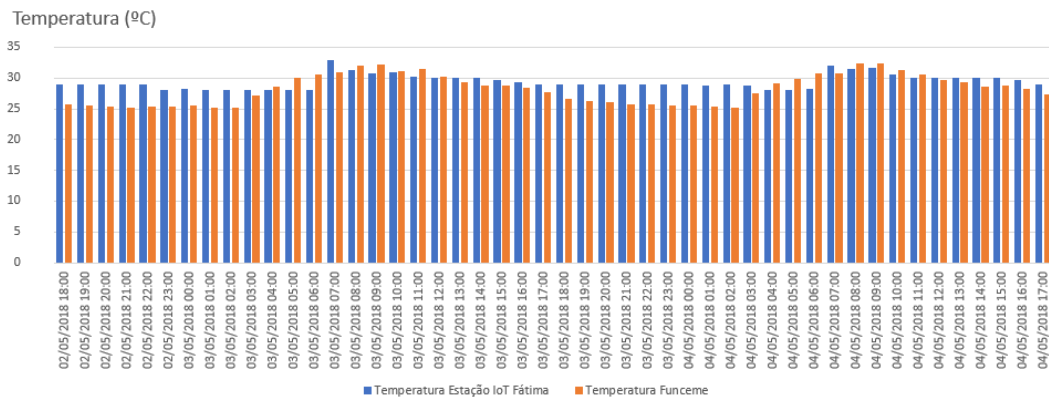
Figura 15 – Comparação de umidade entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Itaperi



Fonte: Elaborado pela autora

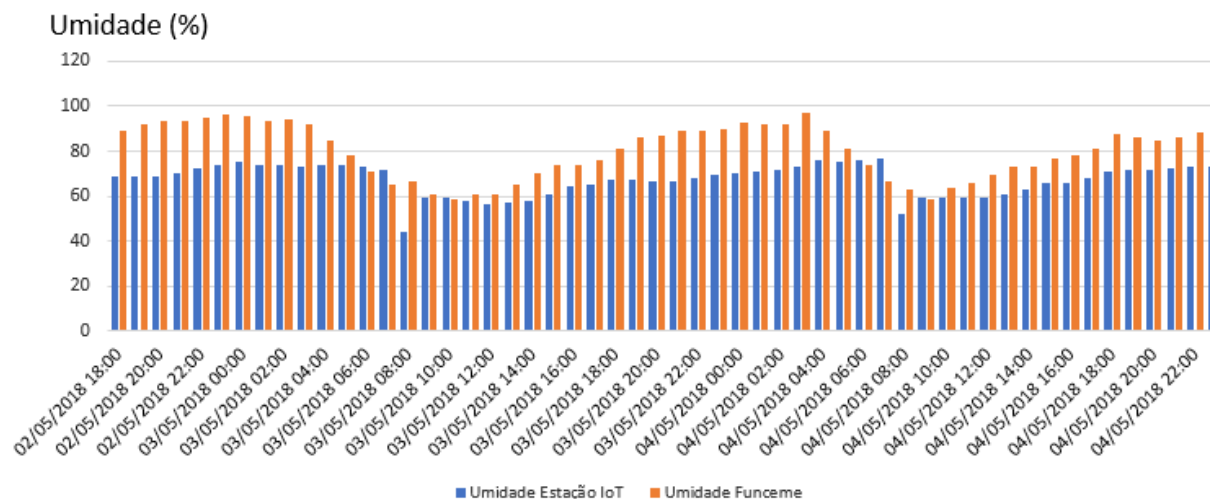
Desse modo, além de ilustrar o funcionamento e implementação de um objeto IoT

Figura 16 – Comparação de temperatura entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Fátima



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 17 – Comparação de umidade entre o PCD da Funceme Itaperi e a estação IoT Fátima



Fonte: Elaborado pela autora

e seus protocolos e tecnologias de comunicação, a intenção dessa seção foi mostrar que em bairros ou regiões diferentes da cidade, há divergência de medidas. Portanto, pode-se ver a importância de ter mais pequenas estações espalhadas pela cidade, para se ter uma melhor precisão dos microclimas das regiões. Assim, com mais detalhes dos microclimas, se teria informação relacionada à surtos de arboviroses com maior precisão espacial. Os dados atuais da Funceme, não permitem isso, pois a instituição não possui estações em cada região de Fortaleza.

5.2 Protótipo da Plataforma de Agregação de Dados na Nuvem: Camada de Serviço

Para receber os dados, como descrito na camada de serviço (seção 4.2.3), a plataforma na nuvem escolhida foi a *Thingspeak* (MATHWORKS INC, 2018), uma PaaS (Plataforma como Serviço) aberta de análise IoT que permite agregar dados, visualizar e analisar dados em tempo real na nuvem. Essa plataforma foi desenvolvida pela *MathWorks*, a mesma empresa responsável

pelo *software MATLAB*, amplamente utilizado por cientistas e engenheiros em diversas áreas do conhecimento.

A seleção dessa plataforma se deu por esta oferecer alguns serviços sem custo para os usuários, como o recebimento e armazenamento de dados, o que torna adequado o seu uso em protótipos e provas de conceito de sistemas de IoT. Além disso, a plataforma é de fácil manipulação para o objetivo da pesquisa. A *Thingspeak* também possui um *broker* MQTT, o protocolo que foi utilizado pela Estação Climática IoT.

A implementação do protótipo da camada de serviço se dividiu em duas frentes: I) A primeira foi para receber, armazenar e processar os dados da Estação Climática IoT; II) A segunda foi para receber armazenar e processar os dados dos dispositivos *point-of-care* simulados.

Após criar uma conta na *Thingspeak*, é possível criar canais com até 8 colunas para armazenamento de cada tipo de dado através de sua interface gráfica. Ao enviar dados de um dispositivo para o canal vinculado à conta do usuário é possível visualizar os dados em forma de gráfico de linha e executar códigos do *software MATLAB* na nuvem para realizar alguns cálculos de análise. Para a estação IoT foi criado um canal com colunas data e hora, temperatura, umidade e chuva, com resultado mostrado na figura 18. Para o *point-of-care* simulado foi criado um canal com os campos: data do sintoma do usuário, longitude central do bairro, latitude central do bairro, nome do bairro, nome da regional, id do tipo de arbovirose, com resultado mostrado na figura 20.

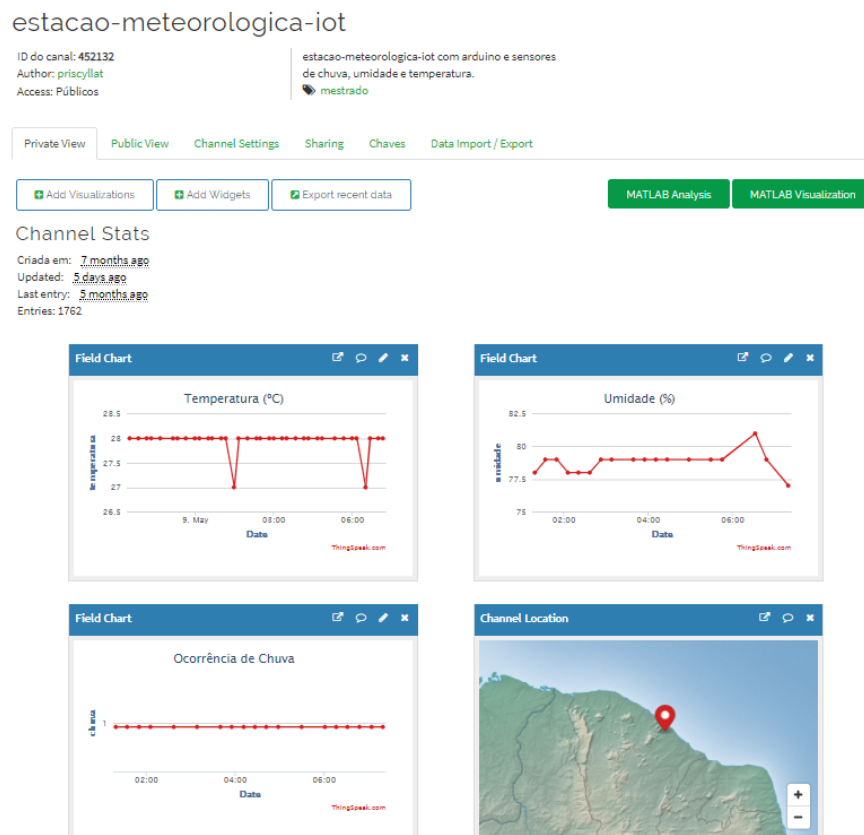
Como citados na seção 4.2.3 do capítulo 4, análise prévias, cálculos estatísticos e algoritmos de aprendizado de máquina também podem ser integrados nessa parte, porém, a plataforma *Thingspeak* ainda não suporta algoritmos de aprendizado de máquina, o que não foi o foco central dessa pesquisa.

5.3 Protótipo de Monitoramento Ambiental e Saúde: Camada de Aplicação

A camada de aplicação viria após essa camada de serviço. Nela ficariam as aplicações, cada uma em seu domínio separadamente. Essa camada não foi implementada com ênfase, porém, ela pode ser representada pelas aplicações da figuras 18 e 19. A aplicação da figura 18 está disponível no canal *ThingSpeak* criado para receber os dados da estação climática IoT. Esse tipo de aplicação seria, por exemplo, em um cenário em que os atores estariam interessados somente em monitorar o ambiente. Já a aplicação da figura 19 está disponível no canal *ThingSpeak* criado para receber dados de arbovirose. Nesse caso, o usuário da plataforma estava interessado em

ver os dados isoladamente de saúde.

Figura 18 – Aplicação de monitoramento do ambiente



Fonte: Elaborado pela autora na plataforma *ThingSpeak* da (MATHWORKS INC, 2018)

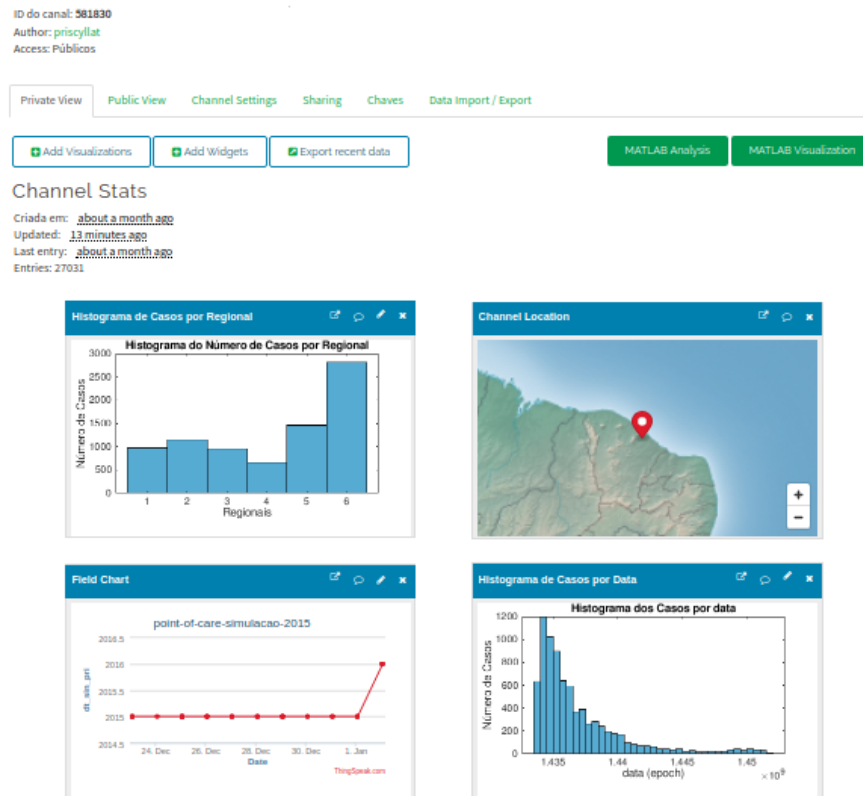
5.4 Protótipo de Visualização de Dados (*Dashboard*): Camada de Negócios

Para a visão geral dos domínios de Internet das Coisas envolvidos nessa implementação da arquitetura, exemplificando a camada de negócios (seção 4.2.5), foi desenvolvido o Protótipo de Visualização de Dados Agregados. Esse protótipo faz requisições para a camada de serviço (seção 4.2.3), e gerencia e exibe as informações para o usuário de forma dinâmica e com visualização gráfica, permitindo que os usuários finais possam extrair outras informações antes não vistas.

Com a finalidade de ilustrar a descrição das componentes de informações sugeridas na seção 4.2.5, foram implementados para esse protótipo: mapas com combinação de informações, gráficos estatísticos e alertas sobre o surto ou do aumento de fatores que propiciam o surto, demonstrado na figura 20. O código aberto está disponível, e pode ser visualizado no link² no

² <https://github.com/PriscyllaT/dashboard-camada-negocios>

Figura 19 – Aplicação de Saúde Populacional
point-of-care-simulacao-2015



Fonte: Elaborado pela autora na plataforma *ThingSpeak* da (MATHWORKS INC, 2018)

repositório *GitHub*.

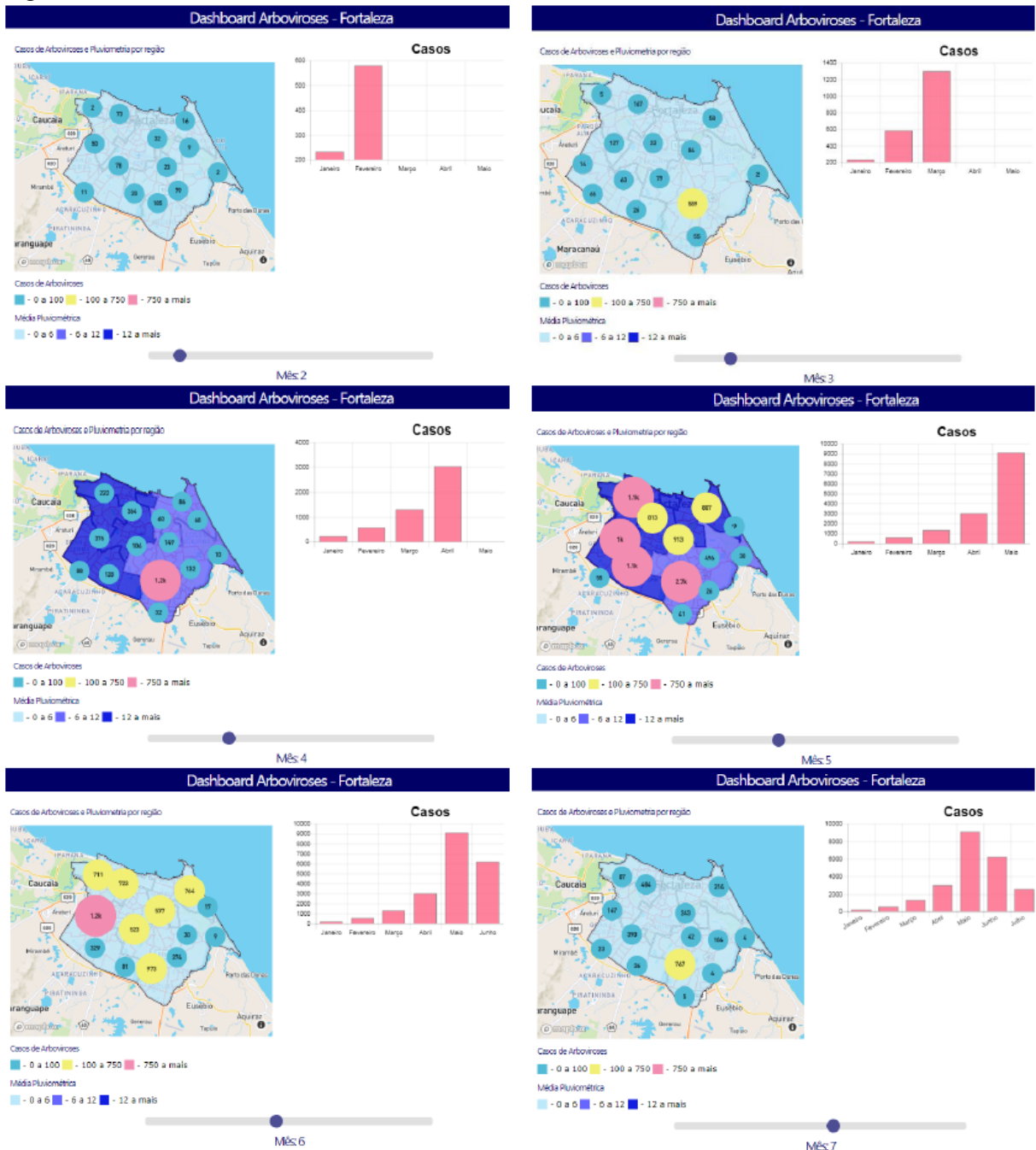
Para a visualização dos dados em mapas, foi utilizada a biblioteca JavaScript *Mapbox GL JS* da plataforma de mapas *OpenSource Mapbox* (MAPBOX, 2018). Com a *Mapbox GL JS* é possível renderizar mapas interativos e customizados com informações de localização. Essa biblioteca foi utilizada por ser aberta e por permitir maior customização e integração com aplicações WEB.

Na figura 20 é possível ver o mapa da área geográfica em estudo com duas camadas: I) a camada de informações sobre a quantidade de casos separados por bairros; e II) a camada de coloração das regiões de acordo com a quantidade de chuva, ou seja, a pluviometria naquela região. Para a camada I, quanto maior o *zoom* no mapa, mais detalhados os *clusters* das quantidades de casos, sendo possível identificar a quantidade de casos por bairros, e quanto menor o *zoom* menos detalhado, mostrando *clusters* das quantidades de casos agrupados por região. Para a camada II, quanto maior for a pluviometria, mais escura é a coloração. Os dados adquiridos na Secretaria de Saúde e na Funceme foram separados e, simulando os dispositivos *point-of-care* e as estações IoT, foram enviados para a *ThingSpeak* utilizando sua API, como detalhado no fluxograma da figura 12. Os dados mostrados no exemplo da figura 20 foram do

ano 2015. Ele foi escolhido por ter sido um ano típico, como analisado na seção 1.2.2.

Selecionando o mês que se deseja visualizar, é possível acompanhar a progressividade da chuva e dos casos por região no mapa e da quantidade de casos no gráfico. A quantidade de casos exibida no mapa corresponde ao mês selecionado, porém a média pluviométrica corresponde ao mês anterior ao selecionado. Isso se deve ao fato de que de acordo com o trabalho relacionado de (TAZKIA *et al.*, 2015) e da análise desses dados se verificou que a quantidade de chuva dos últimos 1 a 2 meses influenciam na predição dos casos.

Figura 20 – Dashboards Arboviroses - Fortaleza



Fonte: Elaborado pela autora

Com a junção de informações de múltiplas fontes pode-se obter mais recursos para uma tomada de decisão. Nesse exemplo, foram requisitados dados de alguns meses de 2015 para o serviço da *ThingSpeak*. Embora, como já mencionado, a granularidade das informações de pluviometria da Funceme não seja tão grande, ainda assim é possível ver que do mês 4 para o mês 5 as regiões que mais choveram foram as que mais apresentaram casos. E, além disso, ao se observar o comportamento espaço-temporal das regiões com volume de chuva associados às quantidades de casos, pode-se antecipar o comportamento do mês seguinte, como no caso mais aparente do mês 3 -> mês 4 -> mês 5.

Para que essa predição seja mais precisa, além de dados mais adequados, pode-se considerar o auxílio de algoritmos de aprendizado de máquina, como discutidos e demonstrados nos artigos de (TAZKIA *et al.*, 2015) e (LEE *et al.*, 2015). Nessa pesquisa realizou-se alguns experimentos com algoritmos de aprendizado de máquina, pois faltou tempo para trabalhar mais profundamente obter resultados satisfatórios.

6 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Surtos ou epidemias de Dengue, *Zika* e *Chikungunya* causam superlotação em clínicas de saúde e hospitais, resultando em altos custos e complicações para a população. Ações para prevenir, conter essas doenças ou acabar com a causa da epidemia podem ser realizadas com o auxílio de ferramentas baseadas na arquitetura proposta neste trabalho. Tais sistemas podem contribuir para a diminuição dos gastos em hospitais e para a melhoria da qualidade de vida da população, evitando que a população adoça.

Extrair conhecimento de dados brutos de dispositivos IoT e informações de outras fontes não é uma tarefa simples. Para isso, é necessário passar por vários estágios de pré-processamento, análise e visualização dos dados. Ao adquirir dados de dispositivos *point-of-care* baseados em IoT e correlacioná-los com informações de outras fontes, como dados climáticos, demográficos e de saneamento, uma análise pode ser realizada e pode ser possível relacionar e inferir informações relevantes para endossar decisões tomadas pelas autoridades públicas.

Nessa pesquisa foi proposta uma arquitetura baseada em IoT com a finalidade de auxiliar órgãos de saúde de uma cidade e outros interessados a prevenir e combater epidemias de arboviroses. Para tal propósito foram planejados alguns objetivos e qual metodologia seria usada para alcançá-los.

Em relação às fontes de dados que contribuem para a solução dos problemas encontrados, foi possível selecioná-las mediante leitura de artigos relacionados e discussões com profissionais de saúde. Após aquisição dos *datasets*, a análise detalhada dos dados foi realizada, conseguindo-se verificar as correlações dos dados adquiridos e estudados. Tal análise também forneceu fundamentos para estruturar a arquitetura. No que se refere a proposta da arquitetura, foi realizada revisão bibliográfica e investigação dos problemas para que suas camadas fossem propostas. E, finalmente, pode-se observar que a arquitetura se mostrou viável através da implementação de seu protótipo, no qual foi possível conectar todas as camadas.

Em caso da arquitetura ser implementada em ambientes reais, acredita-se que a ela é escalável em relação à quantidade de objetos usados na sua entrada e poder de processamento e armazenamento de dados, por razão da sua estrutura de camadas e por fazer uso da computação em nuvem, que fornece escalabilidade e elasticidade de processamento e armazenamento de dados. Estudar isso mais profundamente está previsto em trabalhos futuros.

Após esse estudo, observou-se que a adoção generalizada dos dispositivos propostos como fontes poderia melhorar os resultados alcançados no estudo de caso apresentado na seção

1.2. Dentre os motivos para isso, podemos citar: I) os casos de diagnósticos não seriam perdidos ou reportados tardiamente, algo que está ocorrendo hoje, pois a notificação do caso para entidades responsáveis é feita manualmente ou porque os pacientes não retornam com os resultados do teste; II) os dados climáticos seriam mais espacialmente precisos, já que não há estações em cada região da cidade; III) os dados sociais podem ajudar a obter dados faltantes como de limpeza urbana e foco de mosquito, e contribuir para se conhecer as razões do surto.

Portanto, quanto mais informações relacionadas os atores interessados possuírem, melhores serão os recursos para se tomar alguma decisão de forma adequada e eficiente, trazendo benefícios tanto para a população quanto para as entidades interessadas.

Por se tratar de uma pesquisa multidisciplinar, não foi possível esgotar a solução de todos os problemas envolvidos. Como principais trabalhos futuros, podem ser listados:

- Fazer experimentos com algoritmos de aprendizado de máquina para habilitar a predição de surto.
- Implementar e espalhar estações climáticas IoT pela cidade em estudo, com o propósito de obter mapas de microclimas da localidade.
- Obter dados de *crowdsourcing* de redes sociais e dados de foco de mosquito com as equipes de desenvolvimento do projeto “Aedes em Foco” e “Xô Mosquito”. Até o momento da pesquisa essas aplicações não tinham dados suficientes para fornecer.
- Melhorar a implementação do *Dashboard*, aprimorando a interface com o usuário.
- Estudar mais profundamente a questão da quantidade e escalabilidade dos dispositivos IoT.

REFERÊNCIAS

- ABBASS, H. A. **Data Mining: A Heuristic Approach**. United States of America: IGI Global, 2001. ISBN 1-930708-25-4.
- AGUIRRE, T. **Gerência de risco de enchentes em cidades inteligentes**. 2017. Dissertação em Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Brasil.
- AL-FUQAHA, A.; GUIZANI, M.; MOHAMMADI, M.; ALEDHARI, M.; AYYASH, M. **Internet of Things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications**. **IEEE Communications Surveys Tutorials**, v. 17, n. 4, p. 2347–2376, Fourthquarter 2015. ISSN 1553-877X.
- AMAZON. **Amazon Web Services**. 2017. Disponível em: <https://aws.amazon.com/pt/>. Acesso em: 01 outubro 2017.
- ARDUINO. **What is Arduino?** 2018. Disponível em: <http://www.arduino.cc/>. Acesso em: 14 jun. 2018.
- AVISA PHARMA. **Avisa BreathTest**. 2017. Disponível em: <http://www.avisapharma.com/avisa-breath-test/>. Acesso em: 01 outubro 2017.
- BATISTA, G. E. d. A. P. *et al.* **Pré-processamento de dados em aprendizado de máquina supervisionado**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2003.
- BORGIA, E. **The Internet of Things vision: Key features, applications and open issue**. **Computer Communications**, v. 54, p. 1 – 31, 2014. ISSN 0140-3664.
- BRASIL, M. d. S. Portaria 204. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**. 2016.
- CHAPMAN, L.; YOUNG, D.; MULLER, C.; ROSE, P.; LUCAS, C.; WALDEN, J. **Winter road maintenance and the internet of things**. **Proceedings of the 17th International Road Weather Conference**, v. 18, 2014.
- CUNHA, G. **Surto, Epidemia, Endemia e Pandemia: Você sabe a diferença?** 2017. Disponível em: <http://blog.enem.com.br/2017/surto-epidemia-endemia-e-pandemia-voce-sabe-diferenca/>. Acesso em: 24 maio 2017.
- DÍAZ, M.; MARTÍN, C.; RUBIO, B. **State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing**. **Journal of Network and Computer Applications**, Elsevier, v. 67, p. 99–117, 2016.
- DOAN, A.; RAMAKRISHNAN, R.; HALEVY, A. Y. **Crowdsourcing systems on the world-wide web**. **Communications of the ACM**, v. 54, n. 4, p. 86–96, 2011.
- FIO CORPORATION. **Better Data. Better Care**. 2017. Disponível em: <http://fio.com/rapid-testing/>. Acesso em: 01 outubro 2017.
- FUNCEME. **Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos**. 2017. Disponível em: <http://www.funceme.br>. Acesso em: 27 outubro 2017.
- G1. **Zika já tem transmissão local em 34 países e não se limita às Américas**. 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2016/02/zika-ja-tem-transmissao-local-em-34-paises-e-nao-se-limita-americas.html>. Acesso em: 20 julho 2017.

GALORO, G. P. **Sistema de Informação Geográfica pra visualização de informações endêmicas/epidêmicas na região de Marília**. 2015. Monografia em Sistemas de Informação, Centro Universitário Eurípides de Marília.

GARCÉS, P. P. **Redes de Área Extensa para aplicaciones de IoT: modelado de comunicaciones Sigfox**. 2017. Dissertação em Engenharia de computadores e Redes pela Universitat Politècnica de València.

GOOGLE. **Google App Engine - Platform as a Service**. 2017. Disponível em: <https://cloud.google.com/appengine/?hl=pt-br>. Acesso em: 01 outubro 2017.

GUSEV, M.; DUSTDAR, S. **Going Back to the Roots—The Evolution of Edge Computing, An IoT Perspective**. *IEEE Internet Computing*, IEEE, v. 22, n. 2, p. 5–15, 2018.

HEYDON, R. **Bluetooth low energy: the developer's handbook**. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2013. v. 1.

HI TECHNOLOGIES. **Exames com Segurança e Rapidez**. 2017. Disponível em: <http://hilab.com.br/>. Acesso em: 01 outubro 2017.

IBM. **Construa aplicativos com a plataforma de nuvem do IBM Bluemix**. 2017. Disponível em: <https://www.ibm.com/cloud-computing/bluemix>. Acesso em: 01 outubro 2017.

ISLAM, S. R.; KWAK, D.; KABIR, M. H.; HOSSAIN, M.; KWAK, K.-S. **The internet of things for health care: a comprehensive survey**. *IEEE Access*, IEEE, v. 3, p. 678–708, 2015.

KHAN, R.; KHAN, S. U.; ZAHEER, R.; KHAN, S. **Future internet: the internet of things architecture, possible applications and key challenges**. *10th International Conference on Frontiers of Information Technology (FIT)*, p. 257–260, 2012.

KRICO, S.; POKRIC, B.; CARREZ, F. **Designing IoT architecture (s): A European perspective**. *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, p. 79–84, 2014.

KUMAR, N. V. R.; BHUVANA, C.; ANUSHYA, S. **Comparison of ZigBee and Bluetooth wireless technologies-survey**. In: *2017 International Conference on Information Communication and Embedded Systems (ICICES)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 1–4.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de Computadores e a Internet: Uma abordagem top-down**. 6. ed. São Paulo, SP: Pearson Education do Brasil, 2013. ISBN 978-85-430-1443-2.

LEE, C.-H.; YANG, H.-C.; LIN, S.-J. **Incorporating big data and social sensors in a novel early warning system of dengue outbreaks**. In: *IEEE. Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM), 2015 IEEE/ACM International Conference on*. [S.l.], 2015. p. 1428–1433.

LME, L. d. M. E. **Aedes em Foco**. 2017. Disponível em: <http://aedesemfoco.lme.ufc.br/>. Acesso em: 27 abril 2017.

LOPES, N.; NOZAWA, C.; LINHARES, R. E. C. **Características gerais e epidemiologia dos arbovírus emergentes no Brasil**. *Revista Pan-Amazônica de Saúde*, Instituto Evandro Chagas/Secretaria de Vigilância em Saúde/Ministério da Saúde, v. 5, n. 3, p. 55–64, 2014.

LOPEZ-BARBOSA, N.; GAMARRA, J. D.; OSMA, J. F. **The future point-of-care detection of disease and its data capture and handling.** *Analytical and bioanalytical chemistry*, Springer, v. 408, n. 11, p. 2827–2837, 2016.

MAPBOX. **Mapbox GL JS.** 2018. Disponível em: <https://www.mapbox.com/mapbox-gl-js/api/>. Acesso em: 20 setembro 2018.

MARJANI, M.; NASARUDDIN, F.; GANI, A.; KARIM, A.; HASHEM, I.; SIDDIQA, A.; YAQOOB, I. **Big IoT Data Analytics: Architecture, Opportunities, and Open Research Challenges.** *IEEE Access*, IEEE, 2017.

MATHWORKS INC. **ThingSpeak.** 2018. Disponível em: https://thingspeak.com/pages/learn_more. Acesso em: 19 junho 2018.

MICROSOFT. **O que é o Azure?** 2017. Disponível em: <https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-azure/>. Acesso em: 01 outubro 2017.

MONARD, M. C.; BARANAUSKAS, J. A. **Conceitos sobre aprendizado de máquina. Sistemas Inteligentes-Fundamentos e Aplicações**, v. 1, n. 1, 2003.

O POVO. **Prefeitura de Fortaleza cria app Xô, Mosquito.** 2017. Disponível em: <http://www20.opovo.com.br/app/fortaleza/2016/06/17/noticiafortaleza,3625469/prefeitura-de-fortaleza-cria-app-xo-mosquito-em-combate-ao-aedes-aeg.shtml>. Acesso em: 26 maio 2017.

OHW, W. H. O. **World Health Organization, Global strategy for dengue prevention and control 2012–2020**. 2012. 43 p. [S.l.: s.n.].

OTHMAN, M. K.; DANURI, M. S. N. M. **Proposed conceptual framework of Dengue Active Surveillance System (DASS) in Malaysia.** *International Conference on Information and Communication Technology (ICICTM)*, p. 90–96, 2016.

QGIS, D. **Quantum GIS geographic Inform. System.** Geospatial Foundation, v. 45, 2011.

RUSSOM, P. *et al.* **Big data analytics. TDWI best practices report, fourth quarter**, v. 19, p. 40, 2011.

SANTOS, B. P. *et al.* **Internet das coisas: da teoriaa prática. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos**, 2016. [S.l.: s.n.].

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, p. 1–8, 2017.

SDE. **DESENVOLVIMENTO HUMANO, POR BAIRRO, EM FORTALEZA.** 2017. Disponível em : <http://salasituacional.fortaleza.ce.gov.br:8081/acervo/documentById?id=22ef6ea5-8cd2-4f96-ad3c-8e0fd2c39c98>. Acesso em: 21 dezembro 2017.

SEUMA. **Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Fortaleza.** 2018. Disponível em: <https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/infocidade>. Acesso em: 12 fev. 2018.

- SILVA, J. de C.; RODRIGUES, J. J.; ALBERTI, A. M.; SOLIC, P.; AQUINO, A. L. **LoRaWAN—A low power WAN protocol for Internet of Things: A review and opportunities.** *2nd International Multidisciplinary Conference on Computer and Energy Science (SpliTech)*, p. 1–6, 2017.
- SINGH, S.; BANSAL, A.; SANDHU, R.; SIDHU, J. **Fog computing and IoT based healthcare support service for dengue fever.** *International Journal of Pervasive Computing and Communications*, Emerald Publishing Limited, v. 14, n. 2, p. 197–207, 2018.
- SMS de Fortaleza. **Simda - sistema de monitoramento de agravos.** 2018. Disponível em: sms.fortaleza.ce.gov.br/simda. Acesso em: 20 outubro 2018.
- TAVARES, L. E. d. S. **Desenvolvimento de uma Plataforma Integrada para Diagnóstico Rápido a Partir de uma Visão Metodológica Transversal de Bionegócios e Biotecnologia em Saúde.** Tese (Doutorado) — Universidade Estadual do Ceara, 2017.
- TAZKIA, R. A. K.; NARITA, V.; NUGROHO, A. S. **Dengue outbreak prediction for GIS based Early Warning System.** *International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)*, p. 121–125, 2015.
- TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística: atualização da tecnologia.** Rio de Janeiro, RJ: LTC Editora, 2014.
- TSAI, C.-W.; LAI, C.-F.; CHAO, H.-C.; VASILAKOS, A. V. **Big data analytics: a survey.** *Journal of Big Data*, Springer, v. 2, n. 1, p. 21, 2015.
- TWEEPSMAP. **Tweepssmap: Analise e mapeie seus seguidores.** 2018. Disponível em: <https://tweepssmap.com>. Acesso em: 10 setembro 2018.
- VARELA, V. **Rastreamento endêmico da dengue, zika e chikungunya via Android e sistema de informação geográfica (SIG).** 2017. Monografia de Engenharia de Redes de Comunicação, Universidade de Brasília.
- WAZE MOBILE. **Pegue a melhor rota, todos os dias, com ajuda em tempo real de outros motoristas.** 2017. Disponível em: <https://www.waze.com/pt-BR>. Acesso em: 19 maio 2017.
- WND BRASIL. **Uma visão técnica da Rede Sigfox.** 2017. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/uma-visao-tecnica-da-rede-sigfox/>. Acesso em: 11 setembro 2018.
- WU, M.; LU, T.-J.; LING, F.-Y.; SUN, J.; DU, H.-Y. **Research on the architecture of Internet of Things.** *3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE)*, v. 5, p. V5–484, 2010.
- YIN, S.; KAYNAK, O. **Big Data for Modern Industry: Challenges and Trends [Point of View].** *Proceedings of the IEEE*, v. 103, n. 2, p. 143–146, Feb 2015. ISSN 0018-9219.
- ZANELLA, A.; BUI, N.; CASTELLANI, A.; VANGELISTA, L.; ZORZI, M. **Internet of things for smart cities.** *IEEE Internet of Things journal*, IEEE, v. 1, n. 1, p. 22–32, 2014.
- ZHAO, Y.; ZHU, Q. **Evaluation on crowdsourcing research: Current status and future direction.** *Information Systems Frontiers*, Springer, v. 16, n. 3, p. 417–434, 2014.

ANEXO A – FICHA DE NOTIFICAÇÃO DE DOENÇAS

SINAN

República Federativa do Brasil
Ministério da Saúde

SISTEMA DE INFORMAÇÃO DE AGRAVOS DE NOTIFICAÇÃO

FICHA DE INVESTIGAÇÃO DENGUE E FEBRE DE CHIKUNGUNYA

Nº

Caso suspeito de dengue: pessoa que viva ou tenha viajado nos últimos 14 dias para área onde esteja ocorrendo transmissão de dengue ou tenha presença de *Ae. aegypti* que apresente febre, usualmente entre 2 e 7 dias, e apresente duas ou mais das seguintes manifestações: náuseas, vômitos, exantema, mialgias, cefaléia, dor retroorbital, petéquias ou prova do laço positiva e leucopenia.

Caso suspeito de Chikungunya: febre de início súbito e artralgia ou artrite intensa com início agudo, não explicado por outras condições, que resida ou tenha viajado para áreas endêmicas ou epidêmicas até 14 dias antes do início dos sintomas, ou que tenha vínculo epidemiológico com um caso importado confirmado.

Dados Gerais	1 Tipo de Notificação 2 - Individual	2 Agravo/doença 1- DENGUE 2- CHIKUNGUNYA <input type="checkbox"/>	Código (CID10) A 90 A 92	3 Data da Notificação
	4 UF		5 Município de Notificação	Código (IBGE)
	6 Unidade de Saúde (ou outra fonte notificadora)	Código	7 Data dos Primeiros Sintomas	

Notificação Individual	8 Nome do Paciente		9 Data de Nascimento		
	10 (ou) Idade 1 - Hora 2 - Dia 3 - Mês 4 - Ano	11 Sexo M - Masculino <input type="checkbox"/> F - Feminino 1 - Ignorado	12 Gestante 1-1º Trimestre 2-2º Trimestre 3-3º Trimestre 4- Idade gestacional Ignorada 5-Não 6- Não se aplica 9- Ignorado	13 Raça/Cor 1-Branca 2-Preta 3-Amarela 4-Parda 5-Indígena 9- Ignorado	
	14 Escolaridade 0-Analfabeto 1-1ª a 4ª série incompleta do EF (antigo primário ou 1º grau) 2-4ª série completa do EF (antigo primário ou 1º grau) 3-5ª a 8ª série incompleta do EF (antigo ginásio ou 1º grau) 4-Ensino fundamental completo (antigo ginásio ou 1º grau) 5-Ensino médio incompleto (antigo colegial ou 2º grau) 6-Ensino médio completo (antigo colegial ou 2º grau) 7-Educação superior incompleta 8-Educação superior completa 9-Ignorado 10- Não se aplica				
	15 Número do Cartão SUS		16 Nome da mãe		

Dados de Residência	17 UF	18 Município de Residência	Código (IBGE)	19 Distrito	
	20 Bairro		21 Logradouro (rua, avenida,...)		
	22 Número	23 Complemento (apto., casa, ...)		24 Geo campo 1	
	25 Geo campo 2		26 Ponto de Referência	27 CEP	
	28 (DDD) Telefone		29 Zona 1 - Urbana 2 - Rural <input type="checkbox"/> 3 - Periurbana 9 - Ignorado	30 País (se residente fora do Brasil)	

Dados clínicos e laboratoriais

Inv.	31 Data da Investigação	32 Ocupação
------	-------------------------	-------------

Dados clínicos	33 Sinais clínicos 1-Sim 2- Não	
	<input type="checkbox"/> Febre <input type="checkbox"/> Cefaleia <input type="checkbox"/> Vômito <input type="checkbox"/> Dor nas costas <input type="checkbox"/> Artrite <input type="checkbox"/> Petéquias <input type="checkbox"/> Prova do laço positiva	<input type="checkbox"/> Mialgia <input type="checkbox"/> Exantema <input type="checkbox"/> Náuseas <input type="checkbox"/> Conjuntivite <input type="checkbox"/> Artralgia intensa <input type="checkbox"/> Leucopenia <input type="checkbox"/> Dor retroorbital
	34 Doenças pré-existentes 1-Sim 2- Não	
<input type="checkbox"/> Diabetes <input type="checkbox"/> Hepatopatias <input type="checkbox"/> Hipertensão arterial <input type="checkbox"/> Doenças auto-imunes	<input type="checkbox"/> Doenças hematológicas <input type="checkbox"/> Doença renal crônica <input type="checkbox"/> Doença ácido-péptica	

Dados laboratoriais	35 Data da Coleta da 1ª Amostra (S1)		36 Data da Coleta da 2ª Amostra (S2)		37 Exame PRNT Data da Coleta		38 Resultado S1 <input type="checkbox"/> S2 <input type="checkbox"/> PRNT <input type="checkbox"/> 1 - Reagente 2 - Não Reagente 3 - Inconclusivo 4 - Não Realizado	
	39 Sorologia (IgM) Dengue Data da Coleta		40 Resultado 1- Positivo 2- Negativo 3- Inconclusivo 4 - Não realizado		41 Exame NS1 Data da Coleta		42 Resultado 1- Positivo 2- Negativo 3- Inconclusivo 4 - Não realizado	
	43 Isolamento Data da Coleta		44 Resultado 1 - Positivo 2 - Negativo - Inconclusivo 4 - Não Realizado		45 RT-PCR Data da Coleta		46 Resultado 1 - Positivo 2 - Negativo - Inconclusivo 4 - Não Realizado	
	47 Sorotipo 1- DENV 1 2- DENV 2 3- DENV 3 4 - DENV 4		48 Histopatologia 1- Compatível 2-Incompatível 3- Inconclusivo 4 - Não realizado		49 Imunohistoquímica 1- Positivo 2- Negativo 3- Inconclusivo 4 - Não realizado			

