



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

CLÁUDIA ARAÚJO DE SOUSA

**UMA ONTOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS VULNERÁVEIS AO
SURTO DE DENGUE CONSIDERANDO FATORES DE RISCO**

**PATOS-PB
2019**

CLÁUDIA ARAÚJO DE SOUSA

**UMA ONTOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS VULNERÁVEIS AO
SURTO DE DENGUE CONSIDERANDO FATORES DE RISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciência da Computação da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Área de concentração: Web Semântica.

Orientador: Prof. Me. Pablo Roberto Fernandes de Oliveira.

**PATOS-PB
2019**

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S725o Sousa, Claudia Araujo de.

Uma ontologia para classificação de áreas vulneráveis ao surto de dengue considerando fatores de risco [manuscrito] / Claudia Araujo de Sousa. - 2019.

66 p. : il. colorido.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas, 2019.

"Orientação : Prof. Me. Pablo Roberto Fernandes de Oliveira ,
Coordenação do Curso de Computação - CCEA."

1. Dengue. 2. Saúde pública. 3. Fatores de risco. I. Título

21. ed. CDD 616.921

Cláudia Araújo de Sousa

**UMA ONTOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS VULNERÁVEIS AO SURTO
DE DENGUE CONSIDERANDO FATORES DE RISCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Bacharelado em Ciências da
Computação da Universidade Estadual da
Paraíba, em cumprimento à exigência para
obtenção do grau de Bacharel em Ciência da
Computação.

Aprovado em 25/11/2019

BANCA EXAMINADORA

Pablo Roberto Fernandes de Oliveira
Prof. Me. Pablo Roberto F. de Oliveira
(Orientador)

Cláudia Alves de Araújo
Prof. Me. Aislânia Alves de Araújo
(Examinadora)

Fábio Júnior Francisco da Silva
Prof. Esp. Fábio Júnior F. da Silva
(Examinador)

Dedico a minha mãe, por tudo que já fez e faz
por mim.

AGRADECIMENTOS

Ao mais importante: Deus, pois sem Ele nada tem sentido. Sou muito grata por tudo que já vivi, vivo e ainda viverei; por todas as oportunidades e conquistas, e por todo o amor que Ele tem por mim.

À minha família, que sempre me apoiam com doces palavras e acreditam no quanto sou capaz de atingir tudo que almejo.

Aos meus pais, por toda dedicação, cuidado, esforço e ensinamentos, amo vocês demais.

A todos os professores que estiveram comigo e que me agregaram conhecimento, minhas conquistas também são de vocês. Meu muito obrigada por todos os ensinamentos, as conversas, as risadas e também as reclamações.

Aos meus amigos, pela paciência, cumplicidade e todos os momentos compartilhados.

Aos meus colegas de curso, vocês são incríveis, tenho muito orgulho de todos.

A UEPB e todos os funcionários por me acolher tão bem.

Ao meu orientador, Pablo Roberto, por toda atenção, orientação e ajuda fornecida sempre que precisei. Obrigada por todo apoio.

Por fim, agradeço a todos que contribuíram na minha vida acadêmica.

“Lembre sempre daquilo que aprendeu. A sua educação é a sua vida; guarde-a bem.”

Bíblia Sagrada (Provérbios 4:13)

RESUMO

A dengue é uma das doenças virais que mais predomina nos seres humanos, e que continuamente infecta milhões de pessoas nas regiões tropicais e subtropicais anualmente. Os países que se apresentam situados nessas regiões são mais vulneráveis a fatores como alterações climáticas, crescimento da população humana, dentre outros. E tais fatores contribuem para o crescimento e desenvolvimento do mosquito transmissor da dengue. Este trabalho investigou quais os fatores influenciam no desenvolvimento do mosquito e analisou a correlação entre essas variáveis que potencializam o risco do surto, através de uma revisão sistemática da literatura, além de desenvolver uma ontologia notada semanticamente de informações sobre os fatores relacionados ao surto da dengue. Como resultado, esta pesquisa apresenta uma ontologia para classificação de risco de surto de dengue em áreas vulneráveis, considerando fatores climáticos, demográficos e socioeconômicos, como também os níveis de correlação e o alerta. Para desenvolvimento da ontologia utilizou-se a ferramenta *Protegé*, obedecendo a metodologia proposta no guia 101. A ontologia foi validada por meio do motor de inferência *Hermit* e por consultas em SPARQL, utilizando como cenário hipotético as instâncias inseridas na ontologia. Por fim, verificou-se que a ontologia se comportou de forma correta quanto ao seu domínio, considerando os resultados da revisão sistemática para a enumeração dos seus termos. Desta forma, foi possível concluir que alguns fatores são predominantes para a ocorrência da dengue em determinada área, logo, identificá-los pode auxiliar gestores na tomada de decisão sobre o problema da dengue.

Palavras-chave: Ontologia. Dengue. Fatores relacionados à dengue. Saúde Pública. Revisão Sistemática da Literatura.

ABSTRACT

Dengue is one of the most prevalent viral diseases in humans, and it continually infects millions of people in the tropical and subtropical regions annually. Countries in these regions are more vulnerable to factors such as climate change, human population growth, among others. And such factors contribute to the growth and development of the dengue mosquito transmitter. This research investigated which factors influence mosquito development and analyzed the correlation between these variables that potentiate the risk of the outbreak through a systematic literature review, in addition to developing a semantically noted ontology of information on factors related to dengue outbreak. As a result, this research presents an ontology for dengue outbreak risk classification in vulnerable areas, considering climatic, demographic and socioeconomic factors, as well as correlation levels and alertness. To develop the ontology, the Protegé tool was used, following the methodology proposed in guide 101. The ontology was validated through the Hermit inference engine and by SPARQL queries, using as hypothetical scenario the instances inserted in the ontology. Finally, it was found that the ontology behaved correctly regarding its domain, considering the results of the systematic review for the enumeration of its terms. Thus, it was possible to conclude that some factors are predominant for the occurrence of dengue in a certain area, therefore, identifying them can help managers make decisions about dengue problems.

Keywords: Ontology. Dengue. Dengue related factors. Public health. Systematic literature review.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Metodologia da pesquisa de acordo com o <i>Design Science</i>	15
Figura 2 – Sorotipos em circulação no Brasil em 2019.....	16
Figura 3 – Tipos de ontologias.....	20
Figura 4 – Instâncias das classes e suas relações.....	21
Figura 5 – Uma sentença indexada mostrada na ontologia da dengue.....	22
Figura 6 – Desenvolvimento da ontologia da dengue.....	23
Figura 7 – Quantidade de trabalhos após a análise inicial e aplicação dos critérios de exclusão.....	29
Figura 8 – Distribuição por ano dos artigos selecionados.....	29
Figura 9 – Guia 101.....	36
Figura 10 – Classes com conceitos mais gerais.....	40
Figura 11 – Propriedade <i>temFator</i> conectando duas classes da ontologia.....	46
Figura 12 – Hierarquia do <i>Object Properties</i>	47
Figura 13 – Hierarquia do <i>Data Properties</i>	47
Figura 14 – Instâncias da ontologia criadas no Protégé.....	50
Figura 15 – Relações entre as instâncias criadas: (a) relações da instância cidade1; (b) relações da instância area2; (c) valor da instância chuva; (d) valor da instância temperatura.....	51
Figura 16 – Representação gráfica da ontologia desenvolvida.....	52
Figura 17 – Inferência da Ontologia.....	53
Figura 18 – Inferência relacionada a instância “area2”.....	54
Figura 19 – Inferência relacionada a instância “cidade1”.....	54
Figura 20 – Inferência relacionada a instância “cidade2”.....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Termos utilizados na elaboração da <i>String</i>	26
Quadro 2 – <i>String</i> de busca utilizada em casa base.....	27
Quadro 3 – Estudos primários.....	30
Quadro 4 – Documento de especificação de requisitos da ontologia.....	38
Quadro 5 – Classes primitivas da ontologia.....	40
Quadro 6 – Classes definidas da ontologia.....	42
Quadro 7 – <i>Object Properties</i> da ontologia.....	46
Quadro 8 – <i>Data Properties</i> da ontologia.....	47
Quadro 9 – Características das <i>Object Properties</i>	48
Quadro 10 – Regras em SWRL da classificação da área e da cidade.....	48
Quadro 11 – Dados hipotéticos de instâncias.....	55
Quadro 12 – Resultado da questão de competência 2.....	56
Quadro 13 – Resultado da questão de competência 4.....	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Problemática	13
1.2	Justificativa	14
1.3	Objetivos	15
1.4	Metodologia da pesquisa	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Dengue	17
2.2	Ontologias	18
2.2.1	Tipos de ontologias	21
2.3	Trabalhos relacionados	22
3	REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE OS FATORES QUE INFLUENCIAM NO RISCO DE SURTO DE DENGUE	26
3.1	O método da revisão sistemática	26
3.2	Objetivos da revisão sistemática	26
3.3	Questões de pesquisa da revisão sistemática	27
3.4	Estratégias aplicadas	27
3.5	Dados da revisão sistemática	29
3.6	Estudos primários e trabalhos relacionados	30
3.7	Discussão	35
4	UMA ONTOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS VULNERÁVEIS AO SURTO DE DENGUE CONSIDERANDO FATORES DE RISCO	37
4.1	Ferramentas e métodos para concepção da ontologia	37
4.2	Ontologia desenvolvida	40
4.2.1	Domínio e escopo	40
4.2.2	Reutilização de ontologias	40
4.2.3	Enumeração dos termos	40
4.2.4	Definição das classes primitivas e definidas	41

4.2.5 Propriedade das classes	47
4.2.6 Restrições de propriedades.....	49
4.2.7 Instâncias.....	51
4.3 Visualização	52
4.4 Validação da ontologia.....	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	59
5.1 Sumário da pesquisa	59
5.2 Contribuições	60
5.3 Limitações	60
5.4 Trabalhos futuros.....	60
REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

A dengue é uma das doenças virais transmitida através de um vetor e que apresenta um maior impacto em relação a morbidade e mortalidade na população mundial. O principal vetor de transmissão é o mosquito da espécie *Aedes Aegypti*, ou como é conhecido popularmente, mosquito da dengue. Atualmente, além do *Aedes Aegypti* transmitir dengue, transmite a *Zika* e *Chikungunya*. O vírus da dengue pertence ao gênero *Flavivirus* da família *Flaviviridae* e é categorizado em quatro sorotipos: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019; ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS) e ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE (OPAS), 2019).

Ainda segundo a OMS e OPAS (2019), a dengue é uma das doenças virais que mais predomina nos seres humanos e que continuamente infecta milhões de pessoas nas regiões tropicais e subtropicais anualmente. Os países que se apresentam situados nessas regiões são mais vulneráveis a fatores como: mudanças globais, alterações climáticas, variabilidade do clima, uso da terra, crescimento da população humana, dentre outros. E tais fatores contribuem para o crescimento e desenvolvimento do mosquito da dengue (VIANA; IGNOTTI, 2013). No Brasil, o crescimento da infestação do vetor ocorre em mais de dois terços dos municípios, além da circulação de dois ou mais sorotipos do vírus e a ocorrência de formas graves da doença em vários estados (CORRÊA; FRANÇA; BOGUTCHI, 2005).

Nos últimos anos, o investimento em pesquisas tem aumentado com o intuito de explicar o comportamento da epidemia da dengue. Tem-se realizado buscas de relações entre fatores ambientais e a propagação da doença, com o objetivo de criar mecanismos que auxiliem na prevenção de epidemias (SOUZA; VIANNA; MORAES, 2007).

De acordo com Viana e Ignotti (2013), fatores climáticos tais como: o aumento da temperatura, variações de pluviosidade e umidade relativa do ar tem forte relação com a incidência da doença no Brasil. Da mesma forma, Rizzi *et al.* (2017) diz que os fatores climáticos favorecem o desenvolvimento do mosquito, mas não significa que eles sejam fundamentais para que a doença cresça. Visto que, a dengue ocorra através da junção de fatores como o ambiente, o vetor, o vírus e o ser humano, pouco se entende a respeito da relação combinada entre esses fatores devido às inúmeras variáveis em evidência.

A urbanização sem estrutura, saneamento básico com a coleta de lixo regular e os hábitos da população também estão relacionados com a ocorrência da dengue no Brasil (RIZZI *et al.*, 2017).

Sabendo disso, uma das medidas mais eficaz que pode prevenir e controlar a transmissão

da dengue é a eliminação do vetor, ou seja, evitando que o mesmo se prolifere. Outras formas que apresentam mais resultados para se reduzir a reprodução do mosquito da dengue seria a população estar atenta às campanhas locais e nacionais, como também, evitar o acúmulo de água em qualquer local e época do ano. Pois, a água parada em lajes, vasos de plantas, garrafas de plástico e vidro, latinhas, pneus, além dos ralos e sacos de lixo abertos facilitam o desenvolvimento do mosquito nas casas (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

1.1 Problemática

O principal fator de risco da dengue é foco do mosquito. O mesmo pode resultar em casos de dengue bastante graves, decorrentes de um conjunto de fatores ambientais e socioeconômicos, podendo causar a morte dos indivíduos infectados. Por esse motivo, a doença tornou-se um problema para a saúde pública.

Nota-se que, embora trabalhos como os de Rizzi *et al.* (2017) e Viana e Ignotti (2013) tenham identificado as variáveis relacionadas à ocorrência do surto da dengue no Brasil, os resultados demonstraram apenas os fatores que causaram e/ou favoreceram o surto, ou seja, o mesmo já aconteceu. Verifica-se também que as investigações sobre o fator predominante do surto da dengue em alguns trabalhos variaram, estando mais relacionado aos fatores climáticos.

Também é notável que as ferramentas que disponibilizam os dados sobre a dengue apresentam limitações, e a vigilância epidemiológica depende da disponibilidade desses dados. Além disso, muitas vezes, as informações que são essenciais para as tomadas de decisões apresentam-se de forma tardia e com muitos dados faltantes.

Diante do que foi exposto, a problemática desta pesquisa apresenta questões que buscam investigar o contexto da doença Dengue em áreas com a presença do mosquito. E através da identificação dessas áreas, elencar os fatores que favorecem o desenvolvimento do mosquito.

O problema foi expresso por meio de questões baseadas no *Design Science Research* (HEVNER *et al.*, 2004). Segundo o autor, é possível apresentar uma questão geral de pesquisa (QGP) e decompor a mesma em questões secundárias (QSP).

- **QGP1** – Quais são as características das áreas afetadas pelo surto de dengue?
 - **QSP1** – Quais fatores estão relacionados ao surto da dengue?
- **QGP2** – Como classificar uma determinada cidade em risco de surto?
 - **QSP2** – É possível classificar em níveis de risco de surto uma dada região a partir dos fatores?

1.2 Justificativa

Considerando a problemática abordada e sabendo que a população é a principal colaboradora para a diminuição do surto da dengue, é importante alertar a mesma sobre o risco da ocorrência da doença pela presença do foco do mosquito. E conhecer os possíveis fatores que são capazes de intensificar a proliferação pode antecipar algumas ações que venham a ser aplicadas para tentar evitar ao máximo que a doença ocorra, a partir do controle do vetor.

Portanto, identificar as variáveis que se relacionam com o foco do mosquito e classificar o risco da ocorrência da doença nas localidades são estratégias fundamentais para tomada de decisão em relação a redução da reprodução do mosquito, como também sua prevenção.

Alcântara (2012) propôs em seu trabalho uma ontologia de domínio de representação da Dengue. Ele utilizou dados de pacientes, coletados em suas residências, dos agentes de saúde, de sistemas de terceiros e informações registradas pelos gestores de saúde. O objetivo da ontologia foi oferecer diagnóstico prévio de infecção de um paciente com suspeita de Dengue. E caso surgissem vários diagnósticos prévios, os gestores de saúde receberiam alertas para tomarem decisões, como por exemplo, alocar mais médicos e disponibilizar mais medicamentos.

Uma ontologia possibilita a organização de informações e solução de problemas semânticos, consistindo em estrutura de conhecimento formal que vai fornecer conceitualização da compreensão compartilhada de um domínio específico. Sua estrutura é fundamentada na definição de conceitos e das relações entre esses conceitos (BENNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001). Uma das formas de facilitar o compartilhamento e a reutilização de dados é utilizando ontologias. E através da representação de algum conhecimento sobre um determinado domínio pode-se ter uma comunicação entre pessoas e agentes inteligentes (MORAIS; AMBRÓSIO, 2007).

Diante disso, este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ontologia notada semanticamente de fatores que permitem classificar o risco da ocorrência da doença em localidades, através da identificação dos fatores relacionados ao surto da dengue. Para tanto, utilizou-se a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) para identificar fatores relacionados à ocorrência da doença dengue.

No campo da Medicina, de uma forma mais específica dentro da prevenção e promoção de saúde já se utilizam ontologias. A exemplo, o tratamento automatizado dos dados textuais que tem como objetivo auxiliar pesquisadores e gestores de políticas de informação a identificar as melhores formas de demonstrar quais os dados tem mais significância (LOPES *et al.*, 2009).

1.3 Objetivos

Tendo em vista o potencial das ontologias para a problemática exposta, esta pesquisa teve como objetivo geral desenvolver uma ontologia notada semanticamente de informações sobre os fatores relacionados ao surto da dengue.

Para que se alcance o objetivo geral já apresentado, dispõe-se ainda dos objetivos específicos (OBE):

- **OBE 1** – Investigar quais os fatores predominantes para a ocorrência da dengue;
- **OBE 2** – Analisar a correlação dos fatores que potencializam o risco do surto da dengue;
- **OBE 3** – Desenvolver uma ontologia para classificação do risco de surto da dengue;
- **OBE 4** – Verificar e validar a ontologia através de um cenário hipotético.

1.4 Metodologia da pesquisa

A abordagem do estudo é qualitativa descritiva, conforme Prodanov e Freitas (2013), que definem como qualitativa a pesquisa onde a fonte concreta para extração dos dados é o ambiente natural, o entendimento dos fenômenos e atribuição dos significados. Também pode-se classificar a pesquisa qualitativa como descritiva, onde busca-se determinar qual a relação entre fatores ou descrever como um fenômeno se caracteriza.

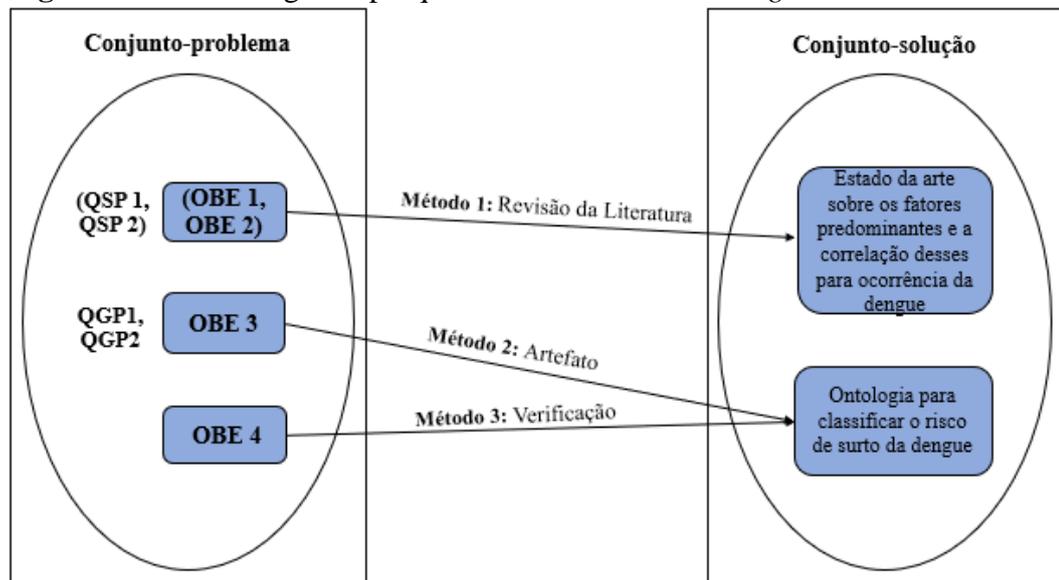
Conforme o *Design Science*, definido por Wieringa (2014), a pesquisa científica tem que entender um conjunto de métodos específicos através de um estudo guiado que parte de um conjunto-problema para um conjunto-solução, conforme ilustrado na **Figura 1**. Para responder às questões de pesquisa (seção 1.1) e alcançar os objetivos propostos (seção 1.3) neste trabalho, a pesquisa foi dividida em 3 etapas.

A RSL é um método que responde às QSP 1 e 2, assim como os OBE 1 e 2, proporcionando o estado da arte dos fatores predominantes para o surto da dengue e a correlação dos mesmos. As demais QGP e OBE foram respondidas por meio do artefato de software, que resultou na criação da ontologia para classificação do risco de surto da dengue. A verificação é um método usado para a validação da ontologia desenvolvida. A seguir, descreve-se os métodos de pesquisa científica que percorreram a metodologia utilizada:

- **RSL:** Primeiramente, realizou-se uma RSL sobre os fatores que favorecem o desenvolvimento do mosquito da dengue, visando identificar quais variáveis e a

correlação destas relacionadas a ocorrência da doença e também como o risco de surto é classificado através dos fatores.

Figura 1 – Metodologia da pesquisa de acordo com o *Design Science*



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

- **Artefato:** Para o desenvolvimento da ontologia foi utilizada a ferramenta Protégé (PROTÉGÉ, 2016), um editor de ontologias bastante usado, devido às diversas ferramentas de visualização e validação que ela possui. Para a criação da ontologia considerou-se os resultados da RSL, pois as classes da ontologia possuem informações relacionadas aos fatores, os níveis de correlação e o alerta.
- **Verificação:** Depois que a ontologia foi implementada realizou-se a verificação, sugerida por Gómez-Pérez (2004), da corretude e consistência onde foi confirmado se os requisitos estavam sendo atendidos; e da completude, através do cenário hipotético.

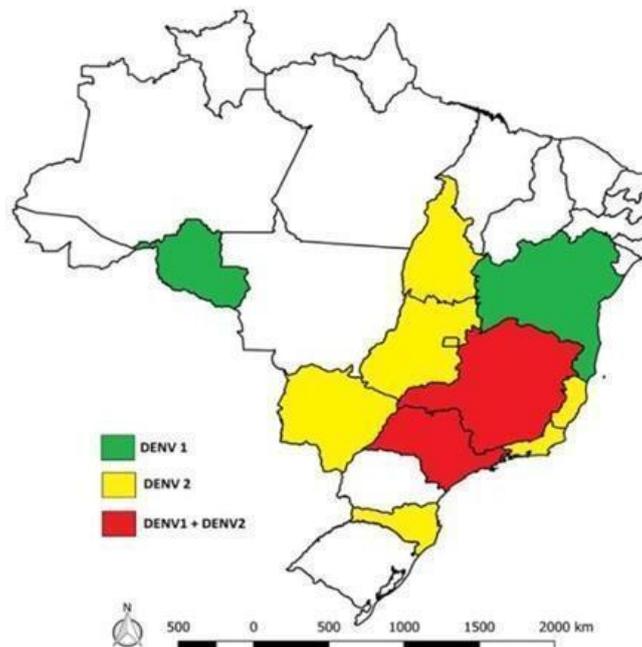
2 REFERENCIAL TEÓRICO E TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo irá apresentar os principais conceitos relacionados a esta pesquisa. Na seção 2.1 apresenta-se a discussão teórica sobre a Dengue. A seção 2.2 apresenta a definição de Ontologias e seus tipos. E por último, a seção 2.3, que apresenta os trabalhos relacionados.

2.1 Dengue

Segundo a OMS e OPAS (2019), a dengue é uma das doenças virais causada por um arbovírus e é caracterizada em 4 tipos diferentes de vírus: DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4. Estes sorotipos apresentam-se principalmente em áreas tropicais e subtropicais no mundo, inclusive no Brasil, como mostra a **Figura 2**. Sua transmissão ocorre por meio da picada do mosquito *Aedes Aegypti* (Brasil) e *Aedes Albopictus* (Ásia). Ademais, tem se destacado devido ao elevado número de pessoas que podem ser atingidas em um determinado momento.

Figura 2 – Sorotipos em circulação no Brasil em 2019



Fonte: Sistema Gerenciador de Análises Laboratoriais – GAL/SVS/MSB (2019 *apud* OLIVEIRA, 2019).

Todas as pessoas estão vulneráveis aos 4 sorotipos da Dengue. Uma vez que alguém já tenha contraído a Dengue por um dos sorotipos, irá apresentar imunidade duradoura contra ele; entretanto, depois de um período de “3 a 6 meses” é possível que se contraia novamente a doença por um dos outros 3 sorotipos virais (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2019).

De acordo com a Secretaria da Saúde (2019), a Dengue pode se manifestar de diversas formas: Dengue Clássica (DC), Febre Hemorrágica da Dengue (FHD) e Síndrome do Choque da dengue (SCD). A forma menos grave e que ocorre frequentemente é a DC e os sintomas relacionados a esta forma são: febre, náusea, dor abdominal, dor nas articulações, dor de cabeça, visão dupla, sensação de corpo estranho, perda de visão, manchas vermelhas na pele, dentre outros. Já a FHD e a SCD são as formas mais graves e podem ser fatais.

A transmissão da doença ocorre por meio da picada do mosquito fêmea. Para que ela se torne transmissora, deverá picar uma pessoa que já esteja com a Dengue, sugando seu sangue com o vírus. Após 8 a 12 dias que o vírus tenha se multiplicado em seu aparelho digestivo e nas glândulas salivares, a fêmea está pronta para transmitir a doença a todas as pessoas que ela picar (SECRETARIA DA SAÚDE, 2019).

Em relação ao diagnóstico, conforme o Ministério da Saúde (2019), é clínico e realizado por um médico. A confirmação ocorre por meio de exames laboratoriais de sorologia, biologia molecular e de isolamento viral, ou também através de um teste rápido (usado para triagem). A sorologia é feita pela técnica MAC ELISA, por Reação em Cadeia da Polimerase (RCP), isolamento viral e teste rápido, e em caso de confirmação da doença, a notificação deve ser feita ao Ministério da Saúde em até 24 horas.

Quando se busca entender e explicar o que influencia a proliferação da dengue, os fatores ambientais, climáticos e socioeconômicos são os mais analisados. Para Carvalho (2013), não restam dúvidas de que condições ambientais, sociais e econômicas causam influência nas condições de saúde dos seres humanos. O que mais causa impacto na maioria das doenças que as pessoas adquirem é a forma em que elas nascem, vivem, trabalham e envelhecem. A definição para todo esse conjunto é dada através do termo chamado “determinantes sociais da saúde”. Os determinantes sociais, econômicos, políticos, culturais e ambientais da saúde estão todos agregados a esse termo.

2.2 Ontologias

A Web é atualmente um dos principais ambientes que disponibiliza grande quantidade de dados. Tendo em vista o crescimento de informações, os problemas relacionados à busca, localização, acesso e recuperação desses elementos e que a sociedade tem utilizado cada vez mais as Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs), torna-se fundamental o uso de técnicas de organização para que o contexto semântico de determinado domínio de conhecimento seja melhor compreendido (ALVES, 2005).

A Web Semântica apresenta uma proposta para organização dos recursos que estão disponíveis na Web, estruturando e representando esses recursos da melhor maneira possível, utilizando ferramentas tecnológicas que ajudam na sua construção, tal como ontologias (ALVES, 2005).

O termo ontologia possui várias definições, principalmente no sentido filosófico. Segundo Guarino (1998), “podemos nos referir a uma ontologia como um sistema particular de categorias que representa uma certa visão do mundo”. De acordo com Moura (2002b *apud* Alves, 2005), a ontologia “lida com a natureza e organização da realidade”. E para Blackburn e Marcondes (1997 *apud* Almeida e Bax, 2003), “é o ramo da metafísica que diz respeito aquilo que existe”.

Entretanto, as ontologias vêm sendo empregadas na área da Web Semântica de uma forma diferente de como foi denominada pela filosofia. O termo foi modificado para sua utilização mais prevalente, em áreas que envolvem à Ciência da Computação, como a Inteligência Artificial (IA) (GUARINO, 1998). Conforme Moura (2002b *apud* Alves, 2005), dentro da IA, ontologias podem ser relacionadas a “tudo que existe deve poder ser representado por um formalismo”.

Almeida e Bax (2003) através dos estudos de vários autores, relatam que são várias as definições e explicações apresentadas na literatura científica sobre ontologias. Além disso, existem divergências devido a modificação do termo para sua aplicação nas inúmeras comunidades de conhecimento. Por essa razão, estão destacadas as definições que mais se encaixam nesta pesquisa.

Segundo Almeida e Bax (2003),

Historicamente o termo ontologia tem origem no grego “*ontos*”, ser, e “*logos*”, palavra. O termo original é a palavra aristotélica “*categoria*”, que pode ser usada para classificar alguma coisa. Aristóteles apresenta categorias que servem de base para classificar qualquer entidade e introduz ainda o termo “*differentia*” para propriedades que distinguem diferentes espécies do mesmo gênero. A conhecida técnica de herança é o processo de mesclar *differentias* definindo categorias por gênero.

Gruber (1993) apresenta uma das definições mais conhecidas para ontologias. Segundo o autor, uma ontologia explica claramente seu conhecimento sobre um domínio de interesse, ou seja, ela vai descrever os conceitos relacionados a esse domínio. Morais e Ambrósio (2007) diz que esses conceitos se associam aos nomes das entidades do domínio inserido e também a alguns elementos básicos que a maioria das ontologias possuem, sendo eles:

- **Classes:** representam algum tipo de interação da ontologia com o domínio inserido;

- **Relações:** representam o tipo de interação entre os elementos do domínio;
- **Funções:** eventos que podem ocorrer no contexto da ontologia;
- **Axiomas:** utilizada para modelar sentenças que são sempre verdadeiras;
- **Instâncias:** representam os próprios dados da ontologia.

Para Borst (1997), “Uma ontologia é uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada”. Nessa definição, “formal” quer dizer legível por máquinas; “especificação explícita” está relacionada aos conceitos, propriedades, relações, funções e axiomas definidos nitidamente; “compartilhado” associa-se ao conhecimento consensual; e “conceitualização” que pode ser a abstração de um determinado elemento do mundo real (ALMEIDA; BAX, 2003).

Considerada uma técnica de organização de informações, a ontologia vem crescendo nos últimos anos, pois consegue facilitar a representação do conhecimento formalmente, além de reutilizar informações (GUARINO, 1998). Sua popularização se deu devido a promessa de poder compartilhar e obter um entendimento comum de algum domínio de conhecimento que possa ser comunicado entre humanos e agentes de softwares (MORAIS; AMBRÓSIO, 2007).

Conforme Guarino (1998),

[...] uma ontologia refere-se a um artefato de engenharia, constituído por um vocabulário específico usado para descrever certa realidade, mais um conjunto de pressupostos explícitos sobre o significado pretendido das palavras do vocabulário. Este conjunto de suposições têm geralmente a forma de uma teoria lógica de primeira ordem, em que as palavras do vocabulário aparecem como nomes de predicados unários ou binários, respectivamente chamados conceitos e relações.

O vocabulário se dá pela formação dos predicados lógicos até que se crie uma rede de conhecimento que coincida com o caráter intencional da ontologia. Ela é quem cria as regras que irão regular a combinação entre as relações e os termos. Quem produz as relações entre os termos são os especialistas, os usuários apenas geram as consultas utilizando determinado conceito. Com isso, a ontologia define uma “linguagem” que representa o conjunto dos termos, e esses serão usados para formular as consultas (ALMEIDA; BAX, 2003).

Todos os conceitos que foram abordados aqui servem de apoio para compreendermos o que significa ontologias. Por fim, baseado nas definições vistas, é possível notar algumas vantagens da utilização de ontologias em Ciência da Computação:

- Fornecer comunicação entre as pessoas e os softwares sobre um contexto específico, pois permite o entendimento sobre um domínio;

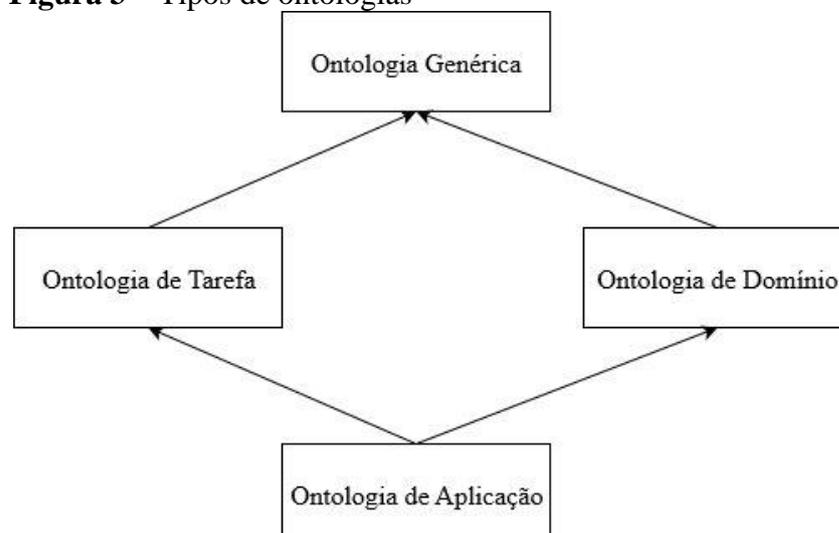
- Permitir uma comunicação livre de ambiguidades e inconsistências na representação do conhecimento;
- Prover uma descrição exata da compreensão, e dessa forma, permitir o compartilhamento e reuso.

2.2.1 Tipos de ontologias

De acordo com Guarino (1998), a classificação das ontologias pode ocorrer conforme seu nível de generalização. À vista disso, o autor apresenta as seguintes classificações:

- **Ontologias Genéricas:** tratam conceitos mais gerais, como elementos da natureza, espaço, tempo, evento, coisas e ação, sendo independente de um domínio ou um problema específico;
- **Ontologias de Domínio:** descrevem os vocabulários associados ao domínio comum de conhecimento. Geralmente, essas ontologias são utilizadas em áreas como medicina e computação, por exemplo;
- **Ontologias de Tarefas:** explicam tarefas comuns como diagnóstico ou vendas; ou descrevem uma linguagem que seja útil para resolução de um problema, qualquer que seja o domínio que ocorrem;
- **Ontologias de Aplicação:** descrevem os conceitos importantes de um determinado domínio e de uma tarefa específica, ou seja, de uma forma geral consistirá nas definições dos dois tipos de ontologias vem um mesmo instante (domínio e tarefa).

Figura 3 – Tipos de ontologias



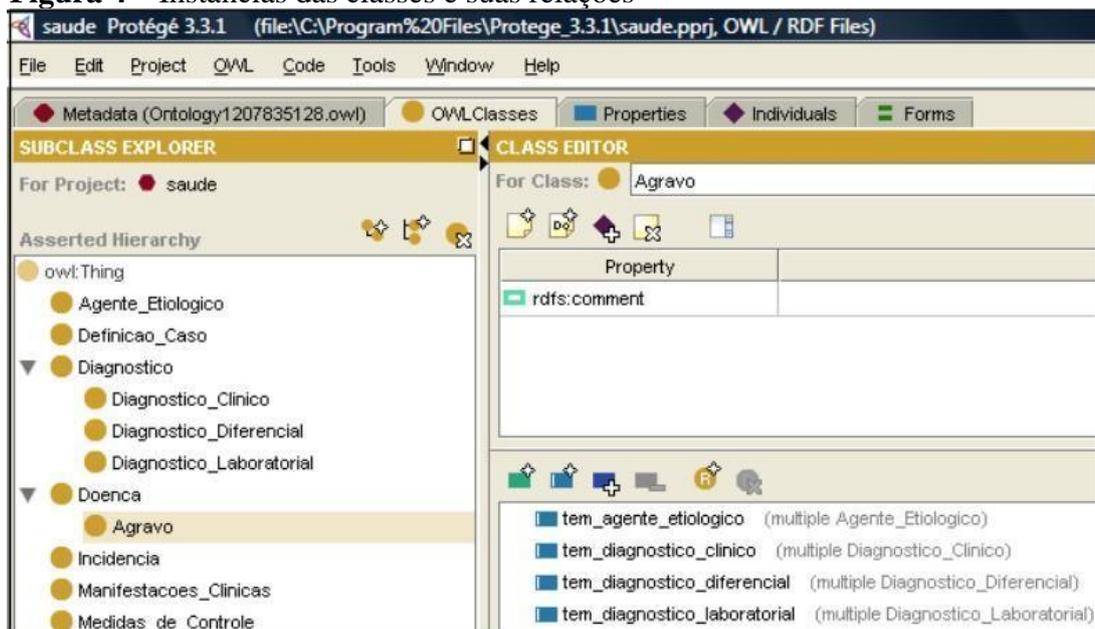
Fonte: Adaptado de Guarino (1997 *apud* Guarino, 1998).

Na **Figura 3** é possível verificar o grau de reutilização das ontologias. A ontologia de aplicação possui o menor grau de reusabilidade devido sua aplicação se dar em áreas de conhecimento específico. Já as ontologias genéricas, por estar no nível mais alto, possui uma maior capacidade de reuso e também junta os conceitos usados por um grande grupo de usuários. As ontologias de tarefa e de domínio estão em um mesmo nível, além disso, aprimoram-se no conhecimento que a ontologia genérica introduz.

2.3 Trabalhos relacionados

No trabalho de Medeiros, Oliveira e Sousa (2008) aborda-se a dificuldade de integração de bancos de dados heterogêneos na área da saúde para o compartilhamento de conhecimento. O objetivo principal foi desenvolver uma ontologia que inicialmente apresentasse os conceitos relacionados à vigilância epidemiológica e os agravos de notificação, assim como desenvolver uma ferramenta que apoiasse os usuários na busca e recuperação das informações relacionadas aos agravos. A ontologia desenvolvida possuía os conceitos sobre o domínio vigilância epidemiológica. A instanciação destes conceitos ocorreu em duas partes: a primeira é o levantamento dos agravos e a segunda das vigilâncias agregadas a cada agravo, como pode-se notar na **Figura 4**. Além disso, na ontologia existem instâncias dos agravos que podem ser a doença Dengue, por exemplo (MEDEIROS; OLIVEIRA; SOUSA, 2008).

Figura 4 – Instâncias das classes e suas relações



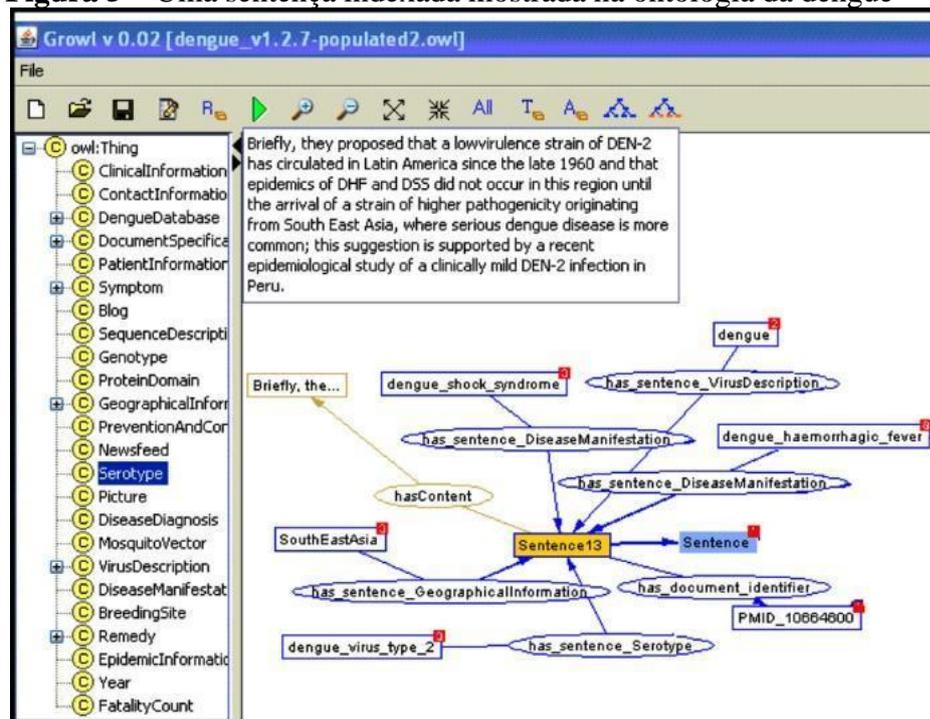
Fonte: Medeiros, Oliveira, Sousa (2008).

A ontologia auxilia três grupos de usuários. O segundo grupo são os usuários não especialistas na área da saúde e que querem ser informados sobre um determinado tipo de agravo: primeiros sintomas, diagnósticos, dentre outros. Estas informações podem ser passadas para os usuários levando em consideração aspectos de tempo e localização geográfica do mesmo, por exemplo, caso algum usuário morasse ou trabalhasse em um local com alta incidência de dengue e, além disso, apresente alguns sintomas deste agravo, ele poderia ser considerado suspeito de ter sido acometido pela doença (MEDEIROS; OLIVEIRA; SOUSA, 2008).

Rajapakse *et al.* (2008) discutem sobre a dificuldade dos cientistas e dos profissionais da saúde no acesso das informações não estruturadas e distribuídas na Web. Como uma forma de tentar resolver isso, desenvolveram uma infraestrutura de navegação centrada na literatura e ontológica que consiste em um mecanismo de adquirir conteúdo com uma ontologia de domínio específico. A ontologia é utilizada para construir consultas conceituais dos bancos de dados da dengue, textos da literatura científica e em bancos de dados biológicos distribuídos, visando facilitar a integração dos dados e compartilhar o conhecimento sobre o domínio dengue.

A ontologia possui 42 classes da dengue e 44 propriedades que apresentam uma profundidade de 4 níveis, conforme **Figura 5**. Grande parte do conhecimento é representado nas propriedades do objeto que são as relações entre os conceitos.

Figura 5 – Uma sentença indexada mostrada na ontologia da dengue

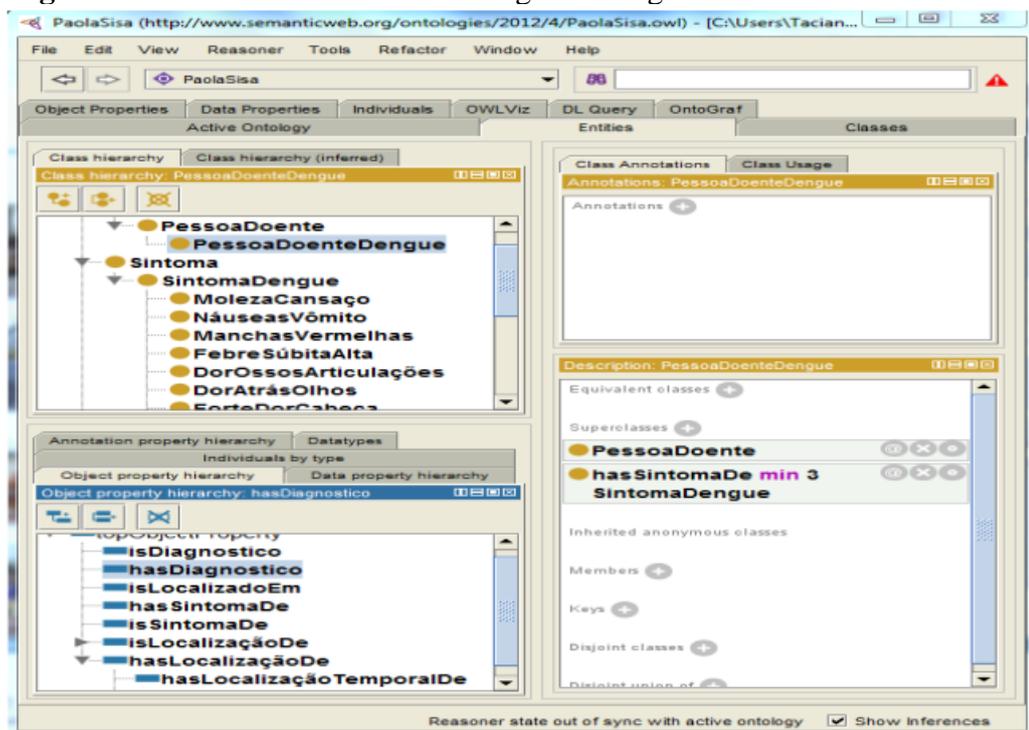


Fonte: Rajapakse *et al.* (2008).

Diante disso, foi identificado que a maior parte da literatura científica sobre dengue está relacionada aos diferentes sorotipos e suas características como: genótipo, manifestações da doença e etc., e que o conteúdo *online* está mais concentrado em prevenção e controle, sintomas e tratamento (RAJAPAKSE *et al.* 2008).

Alcântara (2012) apresenta em seu trabalho uma ontologia que representa o domínio da Dengue. Utilizou-se um contexto simples de diagnóstico da Dengue baseado nos sintomas. O artefato é muito simples e tinha como objetivo realizar um diagnóstico prévio de uma infecção de um paciente com suspeita de Dengue. Nas regras da ontologia, verifica-se se o paciente possui três ou mais sintomas, caso ele possua, são feitas ações para realizar o diagnóstico prévio da dengue, como é mostrado na **Figura 6**. Além disso, as pré-condições das regras também verificam se a pessoa se encontra em uma área de risco, e o autor tomou como exemplo que a cidade de Fortaleza é uma área de risco de contaminação da dengue. No entanto, é importante ressaltar que a ontologia não classifica a área de surto, na regra já é assumida que a cidade é uma região de risco.

Figura 6 – Desenvolvimento da ontologia da dengue



Fonte: Alcântara (2012).

Diante da discussão realizada nesta seção, nota-se que os trabalhos de Alcântara (2012) e Rajapakse *et al.* (2008) são semelhantes ao que foi proposto nesta pesquisa apenas na questão do domínio da ontologia, que é a Dengue. Já em Medeiros, Oliveira e Sousa (2008), o domínio

é a vigilância epidemiológica, mas os agravos estão relacionados a essa vigilância, e a Dengue pode ser uma instância dos agravos.

Além disso, apenas Alcântara (2012) e Medeiros, Oliveira e Sousa (2008) realizam um pré-diagnóstico de pessoas que possam ter sido infectadas e acometidas pela doença, ou seja, a mesma já ocorreu, assim como o risco. Em Rajapakse *et al.* (2008), a ontologia é usada para encontrar todo material disponível sobre a Dengue, a fim de melhorar a integração dos dados e compartilhar o conhecimento sobre a doença.

A ontologia deste trabalho tem como domínio a Dengue, e utiliza os fatores predominantes para a ocorrência da doença para classificar as áreas de risco de surto de uma determinada região.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA SOBRE OS FATORES QUE INFLUENCIAM NO RISCO DE SURTO DE DENGUE

Nesta seção, apresenta-se um levantamento bibliográfico por meio de uma Revisão Sistemática da Literatura, a fim de observarmos quais são os fatores que têm relação com o surto da dengue; a correlação entre estes; o nível de correlação e o risco de surto.

3.1 O método da revisão sistemática

De acordo com Kitchenham (2007), RSL é uma metodologia que pode ser utilizada por um pesquisador para que o mesmo identifique, avalie e interprete todas as pesquisas disponíveis relacionadas a uma área específica ou a um tema. Essa metodologia é uma forma de estudo secundário, e se diferencia de uma revisão bibliográfica tradicional por descrever todo o caminho da pesquisa de modo mais confiável e rigoroso, utilizando métodos e estratégias pré-definidas. A RSL tem sido utilizada em diversas áreas, a exemplo: Medicina e Engenharia de Software.

Utilizou-se da RSL para levantar o estado da arte sobre pesquisas relacionadas aos fatores que influenciam na proliferação da Dengue. A motivação para esta RSL surgiu da necessidade de investigar estes fatores e suas correlações, como também o risco de surto. Isso para subsidiar os esforços desta pesquisa na concepção de uma Ontologia de Domínio.

A RSL deste trabalho seguiu o processo de Kitchenham (2007), e foi estruturada com base no trabalho de Queiroz e Braga (2014). Dois pesquisadores participaram da revisão, sendo a revisora principal estudante de graduação e responsável pela elaboração do protocolo seguido para a pesquisa; e o revisor especialista, o orientador da pesquisa, responsável por validar a revisão.

3.2 Objetivos da revisão sistemática

O objetivo foi identificar as variáveis predominantes para a ocorrência da Dengue, assim como a correlação destas e os níveis de correlação, além da classificação do risco de surto. Como resultado, esperou-se obter uma visão geral dos fatores que podem influenciar no surto da doença a partir do período de janeiro de 2015 a julho de 2019, por meio da análise dos estudos publicados que apresentavam pesquisas sobre os fatores.

3.3 Questões de pesquisa da revisão sistemática

Para atingir os objetivos desta revisão, buscou-se responder às seguintes questões de pesquisa (QP):

- **QP1** – Quais são os fatores predominantes e necessários para classificar o risco da ocorrência da dengue?
 - **QP1.1** – Qual a correlação destes fatores e os níveis desta correlação?
 - **QP1.2** – Como classificar o risco de surto de dengue, e em quais níveis pode ser classificado?

3.4 Estratégias aplicadas

Para esta pesquisa utilizou-se as bibliotecas digitais IEEE Xplore, ACM Digital Library, SciELO e Periódicos da CAPES. Considerou-se artigos escritos em qualquer língua e que houvessem sido publicados entre 2015 e 2019. A pesquisa nas bases informadas foi feita utilizando a combinação de palavras-chave. Para tanto, foi elaborada uma *String* que reuniu seis termos, sendo apresentado no **Quadro 1**.

Quadro 1 – Termos utilizados na elaboração da *String*

Termos
<i>Aedes aegypti</i>
Mosquito da Dengue (<i>Dengue Mosquito</i>)
Fatores (<i>Factors</i>)
Variáveis (<i>Variables</i>)
Relação (<i>Relation</i>)
Correlação (<i>Correlation</i>)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Para a busca nas bases utilizou-se a pesquisa avançada das mesmas, mas antes de tudo foi considerado a *String* na base IEEE, para verificar se a mesma retornava trabalhos de relevância. A seguir, é detalhado como foi realizada a busca em cada base:

- **IEEE:** a opção selecionada foi “*Metadata Only*” e “*All Results*”. Com isso, foram retornados artigos a partir dos títulos e resumos. Logo após, selecionou-se o intervalo de anos: a partir de janeiro de 2015 a julho de 2019.
- **ACM:** foi selecionada a opção “*Any field*” e “*Matches any*”. E em seguida, restringiu-se o resultado a partir do ano de publicação 2015.
- **SciELO:** foi separado os artigos através dos títulos e resumos na busca avançada. Após isso, limitou-se o resultado a partir do ano de publicação 2015.
- **CAPES:** os artigos foram escolhidos pelos títulos e resumos na busca avançada. Para a primeira parte da *String* relacionada aos termos de *Aedes aegypti* ou Dengue Mosquito, separou-se os trabalhos que trouxessem nos títulos o termo, e para os demais termos a busca foi aplicada ao assunto dos artigos. Fez-se dessa forma ao identificar que os resultados sem esta restrição não eram interessantes, além da busca retornar um número elevado de artigos, muitos sem estarem no escopo da pesquisa. Aplicou-se também neste momento o critério do ano (a partir de 2015).

A *String* utilizada na busca reuniu os termos já apresentados no **Quadro 1**, e foi organizada de acordo com cada base de pesquisa, conforme o **Quadro 2**:

Quadro 2 – *String* de busca utilizada em casa base

Biblioteca Digital	<i>String</i> de busca
IEEE	(<i>Aedes aegypti</i> OR Dengue mosquito) AND (“factors” OR “variables”) AND (“relation” OR “correlation”) in Metadata Only e All Results
SciELO	(<i>Aedes aegypti</i> OR Mosquito da dengue) AND (“fatores” OR “variáveis”) AND (“relação” OR “correlação”)
ACM	(<i>Aedes aegypti</i> OR Dengue mosquito) AND (“factors” OR “variables”) AND (“relation” OR “correlation”) selecionando Any field e Matches Any
CAPES	Opção marcada: Título + Contém: (<i>Aedes aegypti</i> OR Dengue mosquito) AND Opção marcada: Qualquer + Contém: (“factors” OR “variables”) AND (“correlation” OR “relation”)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Para a seleção dos estudos, os seguintes critérios de inclusão e exclusão foram seguidos:

- **Critério de inclusão 1** – Artigos completos e resumos estendidos que apresentem os

fatores determinantes para ocorrência de surto da dengue.

- **Critério de exclusão 1 (EX1)** – Tiverem sido publicados antes de 2015;
- **Critério de exclusão 2 (EX2)** – É uma RSL ou *surveys*;
- **Critério de exclusão 3 (EX3)** – Artigos iguais ou que possuam versão atualizada (deve ser mantido apenas o mais recente);
- **Critério de exclusão 4 (EX4)** – Não descreve quais são os fatores;
- **Critério de exclusão 5 (EX5)** – Não está disponível para visualização ou *download* no momento da pesquisa.

Os critérios foram aplicados seguindo algumas etapas. Primeiramente, a partir da leitura dos resumos, depois através da leitura da introdução, resultados e considerações finais dos artigos. Após aplicar os critérios de inclusão e exclusão, analisou-se os estudos primários que restaram a partir das questões de pesquisa especificadas.

3.5 Dados da revisão sistemática

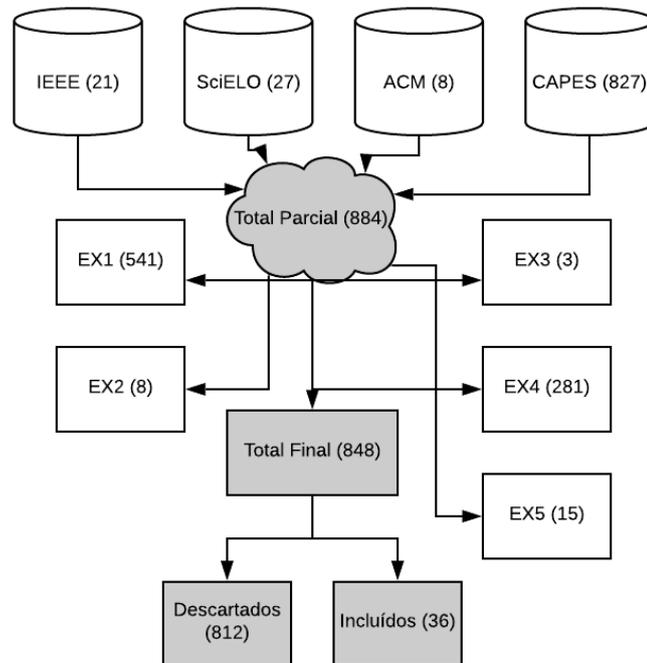
Com a aplicação do processo descrito na seção anterior, obteve-se após a aplicação da *String* de busca nas bases o retorno de 884 artigos. A partir da leitura dos resumos já foram sendo aplicados todos os critérios de exclusão EX1, EX2, EX3 e EX4 e EX5. Diante disso, restaram 36 artigos que obedeciam ao critério de inclusão e foram lidos na íntegra, após passarem pela aprovação do revisor especialista para permanecerem incluídos na revisão.

A **Figura 7** resume de forma sucinta os resultados da aplicação dos critérios em cada fase. As bases de dados representam as bases de pesquisa utilizadas para a seleção dos trabalhos. Na IEEE foram retornados 21 trabalhos, na SciELO 27, na ACM 8 e na CAPES 828. O Total Parcial referente a todas as bases foi equivalente a soma dos trabalhos retornados, resultando em 884. Os retângulos representam processos, e o processo EX1 está relacionado ao critério de exclusão 1, cujo o valor é 541 e que diz respeito a quantidade de artigos excluídos após a aplicação do critério. O mesmo acontece para os demais processos, até que reste os estudos incluídos e os descartados que resultam da aplicação de todos os critérios de exclusão. Todos os artigos incluídos foram aceitos pelo especialista.

A distribuição de artigos por ano pode ser observada na **Figura 8**. Em média, dos artigos selecionados para a revisão, cinco foram publicados nos anos de 2015, 2017 e 2019, dez publicados em 2016 e onze em 2018, totalizando ao todo 36 artigos. Todos os artigos apresentaram os fatores relacionados à ocorrência da Dengue, porém nem todos descreviam a

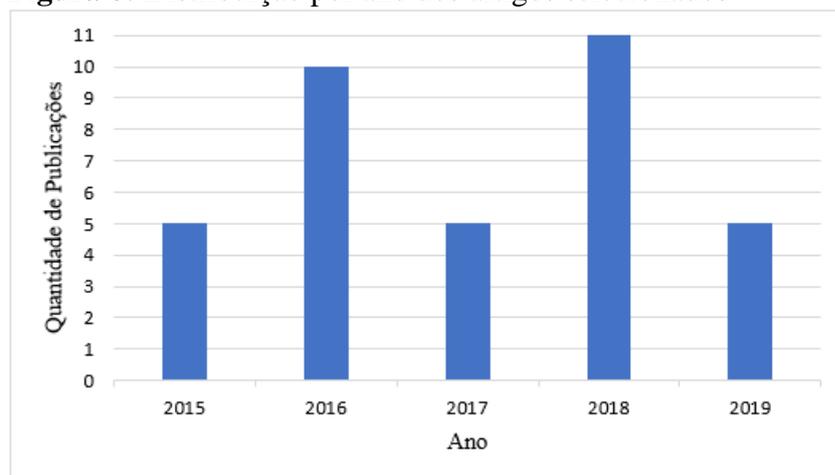
correlação e os níveis de correlação.

Figura 7 – Quantidade de trabalhos após a análise inicial e aplicação dos critérios de exclusão



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Figura 8: Distribuição por ano dos artigos selecionados



Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Também não foi possível identificar como ocorre a classificação do risco de surto. Dos 36 artigos, apenas 15 informaram as correlações e 6 relataram os níveis.

3.6 Estudos primários e trabalhos relacionados

Nesta seção é discutido os estudos primários de interesse deste trabalho, apresentados no **Quadro 3**. Organizou-se os artigos a partir de um identificador que foi preservado desde o início da revisão, a base onde foi encontrado, autor(es) e ano de publicação, variáveis, correlação e local de estudo.

Quadro 3: Estudos primários

ID	Base	Autor(es)/Ano	Variáveis	Correlação	Local de Estudo
1	SciELO	SILVA, J. C. B.; MACHADO, C. J. S. (2018)	Saneamento precário, Água, Alta densidade populacional, Temperatura mínima, Umidade relativa, Precipitação, Tamanho total da população urbana	Temperatura + Água	Capitais do Nordeste Brasileiro
				Saneamento precário + alta densidade populacional	
2	SciELO	GABRIEL, A. F. B. <i>et al.</i> (2018)	Pluviosidade, Armazenamento de água, Alta densidade populacional, Temperatura máxima, Precipitação pluviométrica, Chuva	Não identificado	Ribeirão Preto, São Paulo
3	SciELO	SOBRAL, M. F. F.; SOBRAL, A. I. G. P. (2019)	Coleta de lixo, Precipitação, Temperatura, Baixa renda	Não identificado	Recife, Brasil
4	ACM	JAT, M. K.; MALA, S. (2017)	Precipitação, Umidade relativa	Não identificado	Delhi, Índia
5	ACM	CHUNG-HONG, L.; HSIN-CHANG, Y.; SHIH-JAN, L. (2015)	Umidade, Precipitação, Chuva, Temperatura	Não identificado	Não identificado
6	IEEE	HOANG, P. N. <i>et al.</i> (2016)	Alta densidade populacional, Áreas rurais, Baixa densidade populacional, Temperatura, Chuva, Precipitação, Umidade, Áreas urbanas	Áreas rurais + baixa densidade populacional	Tailândia
				Áreas urbanas + alta densidade populacional	Vietnã

ID	Base	Autor(es)/Ano	Variáveis	Correlação	Local de Estudo
7	IEEE	SESULIHATIEN, W. T.; SASAKI, S.; KIYOKI, Y. (2015)	Chuva, Temperatura	Não identificado	Não identificado
8	IEEE	CARNEIRO, M. A. F. <i>et al.</i> (2017)	Aumento da densidade populacional, Chuva, Umidade, Temperatura, Precipitação	Chuva + Umidade + Temperatura + Precipitação	São Paulo, Brasil
9	IEEE	DATOC, H. I.; CAPARAS, R.; CARO, J. (2016)	Temperatura, Umidade, Chuva	Não identificado	Filipinas, Ilhas Visayas
10	IEEE	ZHU, G.; HUNTER, J.; JIANG, Y. (2016)	Temperatura máxima, Precipitação, Temperatura, Chuva	Precipitação + temperatura	Hong Kong
11	IEEE	ESTALLO, E. L. <i>et al.</i> (2016)	Temperatura, Umidade, Precipitação, Temperatura mínima	Temperatura + umidade + precipitação	Argentina
12	IEEE	KERDPRASOP, N.; KERDPRASOP, K. (2016)	Temperatura, Umidade, Chuva, Precipitação	Precipitação + temperatura	Tailândia
				Temperatura + umidade	Tailândia
13	CAPES	LIU-HELMERSSON, J. <i>et al.</i> (2019)	Temperatura, Precipitação	Não identificado	Europa
14	CAPES	LI, R. <i>et al.</i> (2019)	Temperatura, Precipitação	Não identificado	China
15	CAPES	RYAN, S. J. <i>et al.</i> (2019)	Práticas de controle do mosquito, Armazenamento de água	Não identificado	Ilhas Galápagos, Equador
16	CAPES	SHEN JI, C. <i>et al.</i> (2015)	Alta densidade populacional, Precipitação, Temperatura máxima, Temperatura mínima	Não identificado	China
17	CAPES	LONDOÑO-RENTERÍA, B. <i>et al.</i> (2015)	Áreas urbanas, Armazenamento de água	Não identificado	Colômbia

ID	Base	Autor(es)/Ano	Variáveis	Correlação	Local de Estudo
18	CAPES	DICKENS, B. L. <i>et al.</i> (2018)	Chuva, Temperatura, Umidade relativa, Temperatura mínima, Umidade absoluta, Temperatura máxima, Precipitação	Temperatura + umidade relativa	Não identificado
19	CAPES	CARBAJO, A.E.; CARDO, M.V.; VEZZANI, D. (2018)	Temperatura, Precipitação, Áreas urbanas	Não identificado	América do Sul
20	CAPES	CHADEE, D. D.; MARTINEZ, R. (2016)	Chuva, Temperatura, Precipitação, Armazenamento de água, Umidade	Chuva + temperatura	América Latina e Caribe
				Precipitação + temperatura + umidade	
21	CAPES	CHANG, K. <i>et al.</i> (2016)	Temperatura, Precipitação, Umidade, Chuva, Temperatura mínima	Temperatura + umidade	Kaohsiung, Taiwan
				Precipitação + temperatura	
22	CAPES	AZEVEDO, T. S. <i>et al.</i> (2018)	Áreas urbanas, Saneamento precário, Alta densidade populacional, Temperatura	Áreas urbanas + alta densidade populacional	Santa Bárbara d'Oeste, São Paulo, Brasil
23	CAPES	DHAR- CHOWDHURY, P. <i>et al.</i> (2016)	Áreas urbanas, Armazenamento de água	Não identificado	Dhaka, Bangladesh
24	CAPES	FISCHER, S. <i>et al.</i> (2016)	Temperatura	Não identificado	Buenos Aires, Argentina
25	CAPES	HEINISCH E SILVA, M. R. <i>et al.</i> (2019)	Chuva, Temperatura máxima, Temperatura mínima, Precipitação, Áreas urbanas	Não identificado	São Paulo, Brasil
26	CAPES	MISSLIN, R. <i>et al.</i> (2018)	Temperatura, Chuva, Umidade	Temperatura + chuva + umidade	Bangkok, Tailândia

ID	Base	Autor(es)/Ano	Variáveis	Correlação	Local de Estudo
27	CAPES	MWEYA, C. N. <i>et al.</i> (2016)	Temperatura, Precipitação, Áreas urbanas	Não identificado	Tanzânia
28	CAPES	OVERGAARD, H. J. <i>et al.</i> (2017)	Armazenamento de água, Áreas urbanas	Não identificado	Colômbia
29	CAPES	RIVAS, A, V. <i>et al.</i> (2018)	Temperatura, Precipitação, Chuva, Temperaturas máximas	Chuva + temperaturas máximas	Foz do Iguaçu, Paraná, Brasil
30	CAPES	RODRIGUES, M. M. <i>et al.</i> (2015)	Precipitação, Temperatura, Temperatura mínima	Precipitação + temperatura	São Paulo, Brasil
31	CAPES	ROSSI, G. <i>et al.</i> (2018)	Alta densidade populacional	Não identificado	76 países focados geograficamente no Oceano Índico
32	CAPES	PLIEGO, E. P.; VELAZQUEZ- CASTRO, J.; FRAGUELA COLLAR, A. (2017)	Temperatura, Precipitação, Temperatura mínima, Temperatura máxima, Umidade	Precipitação + temperatura	México
33	CAPES	PUI-JEN, T. <i>et al.</i> (2018)	Umidade, Chuva, Temperatura máxima, Armazenamento de água, Áreas urbanas	Não identificado	Taiwan
34	CAPES	VALDEZ, L.D.; SIBONA, G.J.; CONDAT, C.A. (2018)	Temperatura, Chuvas, Precipitação	Não identificado	Taiwan
35	CAPES	WILKE, A. B. B.; WILK-DA- SILVA, R.; MARRELLI, M. T. (2017)	Áreas urbanas, Saneamento precário, Alta densidade populacional	Alta densidade populacional + áreas urbanas	São Paulo, Brasil
36	CAPES	ZAPLETAL, J. <i>et al.</i> (2018)	Temperaturas máximas	Não identificado	Houston, Texas

Fonte: Elaborado pela autora, 2019.

Dos trabalhos selecionados e após a leitura completa dos artigos, foi possível identificar as respostas para as perguntas já apontadas nas seções anteriores.

O **Quadro 3** apresentou os resultados da avaliação dos artigos quanto às questões de pesquisa **QP1** e **QP1.1** levantadas nesta revisão. Em relação aos níveis de correlação, os trabalhos 6 e 12 apresentaram correlação fraca, e os 10, 20, 26, 35 correlação forte. Vale salientar que, nem todos os trabalhos descreviam as correlações entre as variáveis, e nem todos que relataram a correlação informaram também os níveis. Os trabalhos 2, 3, 4, 5, 7, 9, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 23, 24, 25, 27, 28, 31, 33, 34 e 36 não apresentaram correlação entre as variáveis, apenas os fatores que influenciam na proliferação do mosquito.

Em relação a **QP1.2**, não foi identificado como classificar o risco de surto da dengue e os níveis de risco através da RSL.

3.7 Discussão

Os trabalhos retornados e analisados através da RSL apresentaram os fatores que estão relacionados a proliferação da dengue e a correlação desses junto com os níveis. Como citado nas seções anteriores, todos os trabalhos incluídos apresentaram as variáveis, porém nem todos descreviam as correlações e seus níveis. Não foi possível identificar através da revisão como o risco de surto pode ser classificado e isso foi um problema, pois a ontologia tem como um dos objetivos classificar o risco do surto. Diante do problema mencionado, se fez necessário encontrar como ocorre essa classificação através de novas fontes.

Na análise dos estudos observou-se que a dengue está fortemente associada com fatores climáticos, socioeconômicos e demográficos e, além disso, as variáveis mais citadas nos trabalhos foram: alta densidade populacional, temperatura, precipitação, chuva, umidade, saneamento precário, armazenamento de água e áreas urbanas.

Foi possível observar que algumas variáveis como a umidade, precipitação e temperatura em alguns trabalhos, a exemplo 10 e 26, apresentaram uma correlação bastante positiva; porém, em outros, a correlação foi baixa, como no trabalho 6.

Ainda foi relatado no artigo 12 que a umidade não foi um fator determinante para o risco de surto da dengue. Todavia, isto é normal, tendo em vista que o local do estudo tem uma forte influência, além da presença de outras variáveis. E como citado na introdução, Rizzi *et al.* (2017) disse que os fatores climáticos podem favorecer o desenvolvimento do mosquito, mas isso não quer dizer que eles sejam fundamentais para a expansão da doença.

A utilização dos fatores e as correlações nos estudos primários foram necessários, principalmente pela necessidade de atribuir informações semânticas sobre eles aos metadados da ontologia.

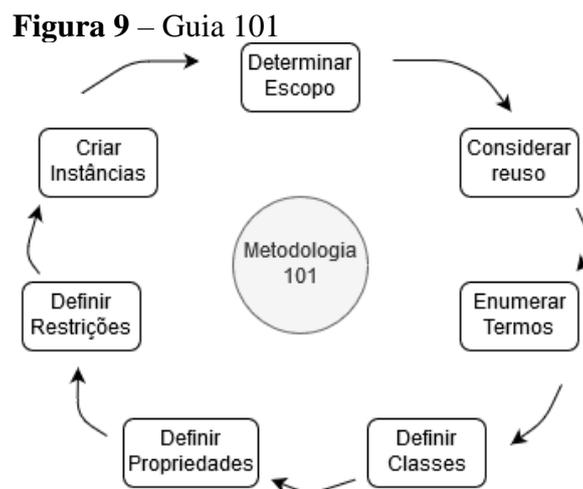
No próximo capítulo descreve-se o desenvolvimento da ontologia deste trabalho. A RSL serviu como base para algumas escolhas e caminhos tomados para a construção da mesma, no que diz respeito aos conceitos inseridos na ontologia.

4 UMA ONTOLOGIA PARA CLASSIFICAÇÃO DE ÁREAS VULNERÁVEIS AO SURTO DE DENGUE CONSIDERANDO FATORES DE RISCO

Com base na revisão sistemática e nos trabalhos de Marinho (2013) e Oliveira (2018), desenvolveu-se uma ontologia para identificação de áreas vulneráveis ao surto da dengue, considerando os fatores que influenciam no risco de surto. O processo metodológico para a criação desta ontologia é expresso na próxima seção, demonstrando a criação das classes, a especificação das propriedades e também criação dos indivíduos. A ontologia desenvolvida está disponível na plataforma de hospedagem de código-fonte Bitbucket.¹

4.1 Ferramentas e métodos para concepção da ontologia

De acordo com Gómez-Pérez (2004), existem vários tipos de metodologias que podem ser usadas para validar, especificar e atualizar as ontologias. Para o desenvolvimento da ontologia deste trabalho foi utilizada a metodologia do guia 101, produzida por Noy e McGuinness (2001). Essa metodologia é um modelo de referência bastante aplicada em projetos de desenvolvimento de ontologias. Além disso, um dos grandes motivos que justifica o uso do guia 101 é sua simplicidade, constituindo-se de sete passos iterativos que norteiam os engenheiros de ontologias durante o processo de construção, conforme mostra a **Figura 9** (ISOTANI; BITTENCOURT, 2015).



Fonte: Adaptado de Isotani e Bittencourt (2015).

Os sete passos contidos neste guia são descritos a seguir:

¹ Disponível em: www.bitbucket.org/claudiaaraujo/

- **Determinar o Domínio e o escopo da ontologia:** Nesta etapa deverão ser estabelecidas as questões básicas que auxiliarão no entendimento do propósito do desenvolvimento da ontologia. Noy e McGuinness (2001) citam algumas questões básicas, como: “qual será o domínio da ontologia? quem irá usar e mantê-la? tipos de questões que a ontologia deve responder? quais os usos da ontologia?”. É importante frisar que as respostas dessas questões podem mudar ao longo da construção do artefato;
- **Considerar o reuso das ontologias que já existem:** Recomenda-se que seja verificado a existência de ontologias que possam ser reutilizadas nos projetos;
- **Enumerar os termos:** Os termos se relacionam com o domínio da ontologia e também servem para responder às questões de competência;
- **Definir classes e hierarquias:** Através dos termos define-se as classes que possuem definições mais abrangentes e mais genéricas e, assim, criando uma hierarquia de classes. Também existem metodologias para a construção de hierarquia, como: *top-down*, definindo conceitos mais gerais de domínio, inicialmente, e depois os conceitos mais específicos; *bottom-up* que inicia definindo as classes com os conceitos particulares e, em seguida, associam essas etapas em conceitos mais gerais; e a *combination* , que é a combinação das metodologias já mencionadas;
- **Definir propriedades:** Somente as classes não fornecem informações satisfatórias para que se responda às questões de competência. É importante descrever como ocorre a estrutura interna das definições da ontologia, estabelecendo as propriedades de cada classe;
- **Definir restrições das propriedades:** Observa-se as principais características de cada propriedade, os tipos de valores que ela suporta, cardinalidade e outras características que venha a ter;
- **Criar instâncias:** Podem ser criadas através dos conceitos presentes nas classes da hierarquia, valorando tanto os dados como as relações.

Para a formalização da ontologia a linguagem utilizada foi a OWL-DL 2, que é fundamentada em descrição lógica. Essa etapa foi executada utilizando a ferramenta Protégé (PROTÉGÉ, 2016), pois é uma ferramenta muito usada para construção de ontologias.

Diante das orientações metodológicas, produziu-se o **Quadro 4** com a especificação da ontologia deste trabalho.

Quadro 4 – Documento de especificação de requisitos da ontologia

Documento de especificação de requisitos da ontologia
Objetivo
O objetivo da construção da ontologia foi de apresentar uma representação lógica das áreas vulneráveis ao risco de surto da Dengue, através de fatores que influenciam na proliferação da doença.
Escopo
A ontologia concentra-se no domínio da Dengue, com base nos fatores que têm relação com o desenvolvimento da mesma em determinada área, considerando que uma cidade é classificada com risco de surto ou não, a partir do momento que possui uma área com risco de surto.
Linguagem de implementação
<i>Web Ontology Language – Description Logic 2 version (OWL-DL 2).</i>
Usuários Finais Previstos
<ol style="list-style-type: none"> 1. População; 2. Gestores de saúde.
Requisitos da Ontologia
<ol style="list-style-type: none"> 1. A ontologia deve suportar idioma português; 2. A ontologia deve representar informações sobre o risco de surto de Dengue, considerando fatores de risco em uma determinada área; 3. Estabelecer uma dependência entre as instâncias que representam os fatores de risco da Dengue; 4. A terminologia deve ser baseada nos fatores que influenciam na proliferação do mosquito.
Questões de Competência
<ol style="list-style-type: none"> 1. Como representar os fatores que influenciam na ocorrência da Dengue através da ontologia? 2. Como classificar uma área em um dos níveis de correlação? 3. Como identificar que uma área pode influenciar no risco de surto de uma cidade? 4. Como classificar uma cidade com ou sem risco de surto através dos fatores?

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Além disso, algumas regras foram definidas através de expressões lógicas em *Semantic Web Rule Language (SWRL)*. O Protégé permite realizar verificações na ontologia, através de

consultas em *RDF Query Language* (SPARQL) e também traz consigo o motor de inferência *reasoner* Hermit, um raciocinador para lógica descritiva expressiva. Tanto as consultas como o motor de inferência servem para verificar a corretude da ontologia.

4.2 Ontologia desenvolvida

Considerando os trabalhos da RSL, Marinho (2013) e Oliveira (2018), a ontologia deste trabalho foi desenvolvida. A mesma possui informações relacionadas aos fatores que influenciam na proliferação da Dengue, as correlações entre os fatores com os níveis de correlação e o alerta.

4.2.1 Domínio e escopo

O domínio desta ontologia trata-se da doença Dengue que já foi definida e exposta no decorrer deste trabalho. O escopo é baseado na classificação do risco de surto da dengue nas localidades, levando em consideração as características do mesmo: as variáveis, a área e o nível de correlação em que os fatores estão inseridos. Uma vez classificada as áreas que possuem características favoráveis a proliferação do mosquito, uma cidade que possua uma área que influencia no risco é classificada em estado de alerta de surto.

4.2.2 Reutilização de ontologias

Na segunda etapa da metodologia de desenvolvimento da ontologia é necessário considerar a reutilização das ontologias que já existem. Porém, nesse caso, não foi identificado nenhuma ontologia que viesse a ser utilizada como auxílio ou reutilizada para a classificação de áreas vulneráveis ao surto de Dengue.

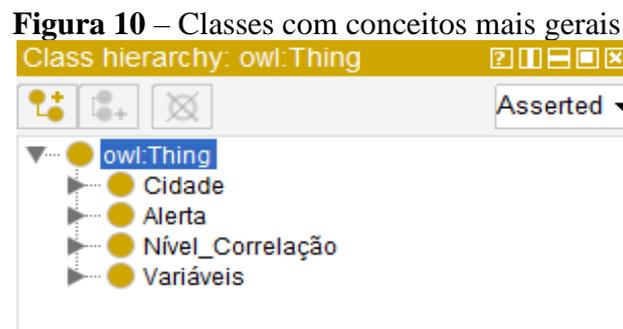
4.2.3 Enumeração dos termos

O terceiro passo consiste na enumeração dos termos essenciais para o desenvolvimento da ontologia. A identificação desses termos foi através do conhecimento específico nos assuntos referentes ao domínio da ontologia. De acordo com esse conhecimento, os principais termos definidos foram: *variáveis climáticas*, *variáveis demográficas*, *variáveis socioeconômicas*, *níveis de correlação e alerta*. Esses termos serão utilizados na língua portuguesa no decorrer da construção da ontologia.

4.2.4 Definição das classes primitivas e definidas

Esta etapa consiste na definição das classes e suas hierarquias. As classes representam os conceitos do domínio sendo organizadas em forma de hierarquia. Por exemplo, um relacionamento pai-filho em uma árvore representa um relacionamento sub/superclasse na hierarquia das classes da ontologia. Além disso, utilizou-se o *software* Protégé e a linguagem OWL-DL 2, como já citada anteriormente, para definição das classes.

Seguindo a abordagem *top-down*, também já citada, definiu-se 30 classes para a ontologia. Inicialmente, estabeleceu-se as classes com conceitos mais gerais sobre o domínio. Feito isso, foram definidas as subclasses que possuem os conceitos mais específicos. Conforme ilustrado na **Figura 10**, todas as classes são criadas a partir de uma classe nativa, a *owl:thing*, sendo dividida em 4 conceitos gerais: *Cidade*, *Alerta*, *Nível_Correlação* e *Variáveis*. A classe *owl:thing* está presente em qualquer ontologia desenvolvida ou que será construída, pois é uma classe padrão do Protégé.



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

De 30 classes, 19 são classes primitivas, classes que possuem um conjunto de condições que são apenas necessárias, ou seja, não se pode afirmar que elas são equivalentes a alguma outra expressão de classe – são usadas para descrever indivíduos que compartilham características comuns. Por exemplo, se um indivíduo é membro da classe *Nível_Correlação*, então é obrigatório que satisfaça tais condições. As classes primitivas são ilustradas no **Quadro 5**.

Quadro 5 – Classes primitivas da ontologia

Classes Primitivas	Representação
<i>Alerta</i>	Representa o tipo de alerta de uma cidade. Uma cidade é classificada em dois tipos: com risco ou sem risco de surto.

Quadro 5 – Classes primitivas da ontologia

<i>Variáveis</i>	Representa os tipos de variáveis que estão associadas a Dengue.
<i>Subclasses de Variáveis</i>	
<i>Variáveis_Climáticas</i>	Representa os fatores climáticos que tem relação com a Dengue.
<i>Variáveis_Demográficas</i>	Representa os fatores demográficos que tem relação com a Dengue.
<i>Subclasses de Variáveis_Demográficas</i>	
<i>Densidade_populacional</i>	Representa um fator demográfico.
<i>Subclasses de Densidade_populacional</i>	
<i>Alta_densidade_populacional</i>	Representa um fator demográfico.
<i>Baixa_densidade_populacional</i>	Representa um fator demográfico.
<i>Áreas</i>	Representa um fator demográfico.
<i>Subclasses de Áreas</i>	
<i>Áreas_rurais</i>	Representa um fator demográfico.
<i>Áreas_urbanas</i>	Representa um fator demográfico.
<i>Variáveis_Socioeconômicas</i>	Representa os fatores socioeconômicos que tem relação com a Dengue.
<i>Subclasse de Variáveis_Socioeconômicas</i>	
<i>Armazenamento_de_água</i>	Representa um fator socioeconômico.
<i>Baixa_renda</i>	Representa um fator socioeconômico.
<i>Coleta_de_lixo</i>	Representa um fator socioeconômico.
<i>Práticas_de_controle_do_mosquito</i>	Representa um fator socioeconômico.
<i>Saneamento_precário</i>	Representa um fator socioeconômico.
<i>Nível_Correlação</i>	Representa os níveis de correlação encontrados na RSL.
<i>Cidade</i>	Representa características que permitem a classificação da mesma.
<i>Subclasses de Cidade</i>	
<i>Área</i>	Representa características que permitem a classificação da mesma.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Há 11 classes definidas na ontologia, que são classes que possuem um conjunto de condições que são *necessárias* e *suficientes*. Por exemplo, se um indivíduo é membro da classe *Forte*, então é obrigatório que ele satisfaça algumas condições. E, se algum indivíduo satisfaz estas condições, pode ser inferido que este seja membro da classe *Forte*.

As classes definidas são ilustradas no **Quadro 6**. É possível notar que, para representar os termos mais específicos da classe primitiva *Nível_Correlação*, foram criadas duas subclasses definidas, que são classes equivalentes a alguma outra expressão de classe. Do mesmo modo, para a classe primitiva *Variáveis_Climáticas* foram criadas sete subclasses definidas e para *Alerta*, duas subclasses.

Quadro 6 – Classes definidas da ontologia

Classes Definidas	Representação
Subclasses de <i>Alerta</i>	
<i>Risco_de_surto</i>	Representa um conjunto de condições que classifica uma cidade com risco de surto.
<i>Sem_risco_de_surto</i>	Representa um conjunto de condições que classifica uma cidade sem risco de surto.
Subclasse de <i>Variáveis_Climáticas</i>	
<i>Chuva</i>	Representa um fator climático.
<i>Pluviosidade</i>	Representa um fator climático.
<i>Precipitação</i>	Representa um fator climático.
<i>Umidade_relativa</i>	Representa um fator climático.
<i>Temperatura</i>	Representa um fator climático.
Subclasse de <i>Temperatura</i>	
<i>Temperatura_máxima</i>	Representa um fator climático.
<i>Temperatura_mínima</i>	Representa um fator climático.
Subclasse de <i>Nível_Correlação</i>	
<i>Forte</i>	Representa um conjunto de condições que classifica uma área com nível de correlação forte.
<i>Fraca</i>	Representa um conjunto de condições que classifica uma área com nível de correlação fraca.

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

As classes definidas possuem axiomas que permitem classificar outras classes e instâncias na ontologia. O relacionamento entre classes se dá por meio de propriedades. As propriedades de uma classe são herdadas por suas subclasses. A seguir, a **Listagem 1** mostra a definição da subclasse *Risco_de_surto*. Primeiro, é estabelecido que, para ser classificado como membro da subclasse *Risco_de_surto*, é necessário e suficiente que este esteja contido em *Alerta*, que tenha o fator “chuva” e “temperatura”, obrigatoriamente, e que tenha risco *Forte*; ou que tenha o fator “chuva” e “temperatura”, obrigatoriamente, e que tenha risco *Fraca*.

Listagem 1 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Risco_de_Surto*

```

1 Class: Risco_de_surto
2   Equivalent To: (Alerta
3     and ((temFator some Chuva)
4     and (temFator some Temperatura)
5     and (temRisco some Forte))) or ((temFator some Chuva)
6     and (temFator some Temperatura)
7     and (temRisco some Fraca))

```

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Seguindo o raciocínio da **Listagem 1**, a **Listagem 2** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Sem_risco_de_surto*. A instância deve estar contida em *Alerta*, e ter risco *Fraca*; ou não ter o fator “chuva” e “temperatura” e o risco *Forte*.

Listagem 2 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Sem_risco_de_surto*

```

1 Class: Sem_risco_de_surto
2   Equivalent To: (Alerta
3     and (temRisco some Fraca)) or ((not ((temFator some Chuva)
4     and (temFator some Temperatura)))
5     and (temRisco some Forte)))

```

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 3** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Chuva*.

Listagem 3 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Chuva*

```

1 Class: Chuva
2   Equivalent To: Variáveis_Climáticas
3     and (temValor some xsd:float[>= 150.0f])

```

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 4** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Pluviosidade*.

Listagem 4 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Pluviosidade*

- 1 **Class:** Pluviosidade
 - 2 **Equivalent To:** Variáveis_Climáticas
 - 3 **and** (temValor **some** xsd:float[>= 146.0f])
-

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 5** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Precipitação*.

Listagem 5 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Precipitação*

- 1 **Class:** Precipitação
 - 2 **Equivalent To:** Variáveis_Climáticas
 - 3 **and** (temValor **some** xsd:float[>= 200.0f])
-

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 6** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Temperatura*.

Listagem 6 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Temperatura*

- 1 **Class:** Temperatura
 - 2 **Equivalent To:** Variáveis_Climáticas
 - 3 **and** (temValor **some** xsd:float[>= 20.0f])
 - 4 **and** (temValor **some** xsd:float[<= 30.0f])
-

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 7** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Temperatura_máxima*.

Listagem 7 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Temperatura_máxima*

- 1 **Class:** Temperatura_máxima
 - 2 **Equivalent To:** Variáveis_Climáticas
 - 3 **and** (temValor **some** xsd:float[>= 30.0f])
 - 4 **and** (temValor **some** xsd:float[<= 38.0f])
-

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 8** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Temperatura_mínima*.

Listagem 8 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Temperatura_mínima*

- 1 **Class:** Temperatura_mínima
- 2 **Equivalent To:** Temperatura
- 3 **and** (temValor **some** xsd:float[>= 15.0f])
- 4 **and** (temValor **some** xsd:float[<= 20.0f])

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 9** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Umidade_relativa*.

Listagem 9 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Umidade_relativa*

- 1 **Class:** Umidade_relativa
- 2 **Equivalent To:** Variáveis_Climáticas
- 3 **and** (temValor **some** xsd:float[>= 75.0f])

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 10** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Fraca*.

Listagem 10 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Fraca*

- 1 **Class:** Fraca
- 2 **Equivalent To:** Nível_Correlação
- 3 **and** (temFator **some** Saneamento_precário)
- 4 **or** (temFator **some** Baixa_renda)
- 6 **or** (temFator **some** Baixa_densidade_populacional)
- 7 **or** (temFator **some** Áreas_rurais)
- 8 **or** (temFator **some** Coleta_de_lixo)

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Listagem 11** apresenta os axiomas necessários e suficientes para que uma instância seja membro da classe *Forte*.

Listagem 11 – Representação da lógica de descrição da subclasse *Forte*

- 1 **Class:** Forte
- 2 **Equivalent To:** Nível_Correlação
- 3 **and** (temFator **some** Precipitação) **and** (temFator **some** Umidade_relativa)
- 4 **or** ((temFator **some** Baixa_renda) **and** (temFator **some** Coleta_de_lixo)) **and** (temFator **some** Saneamento_precário))

5	or ((temFator some Alta_densidade_populacional) and (temFator some Áreas_urbanas))
6	or ((temFator some Precipitação) and (temFator some Temperatura))

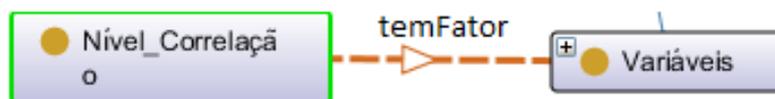
Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A seguir são apresentados e detalhados os relacionamentos (propriedades) especificadas na ontologia.

4.2.5 Propriedade das classes

Na quinta etapa deve-se definir quais são as propriedades que pertencem às classes, pois elas ajudam a responder às questões de competência da ontologia. Para relacionar as classes da ontologia, foi necessário estabelecer 2 propriedades de objetos do tipo (*Object Properties*). Cada propriedade também possui um domínio e uma imagem (*ranger*) e essas propriedades associam indivíduos ou classes de um domínio a um indivíduo ou classe de uma imagem. Como exemplo, a **Figura 11** que apresenta a classe *Nível_Correlação* (domínio) sendo ligada a *Variáveis* (imagem) através de uma propriedade que as une que é *temFator*. Então, a classe *Nível_Correlação temFator some Variáveis*, ou seja, as variáveis que estão correlacionadas com a Dengue foram inseridas em um nível de correlação.

Figura 11 – Propriedade *temFator* conectando duas classes da ontologia



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O **Quadro 7** sumariza as *Object Properties* da ontologia desenvolvida, indicando o domínio e a imagem de cada propriedade.

Quadro 7 – *Object Properties* da ontologia

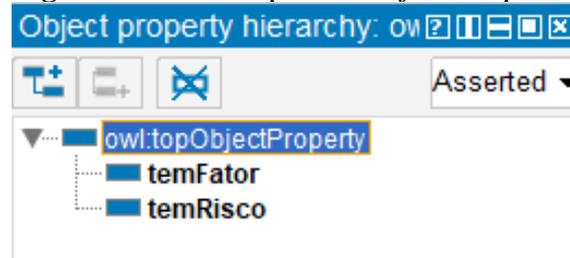
Dados das Propriedades	Descrição	Domínio	Imagem
<i>temFator</i>	Essa relação indica que a classe nível de correlação tem fatores, e que esses foram inseridos em um dos níveis.	<i>Nível_Correlação</i>	<i>Variáveis</i>

Quadro 7 – Object Properties da ontologia

<i>temRisco</i>	Essa relação indica que a classe alerta possui variáveis, e essas variáveis têm risco com a dengue e estão classificadas em um dos níveis de correlação.	<i>Alerta</i>	<i>Nível_Correlação</i>
-----------------	--	---------------	-------------------------

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A hierarquia dessas propriedades listadas na ferramenta Protégé é apresentada na **Figura 12**.

Figura 12 – Hierarquia do Object Properties

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

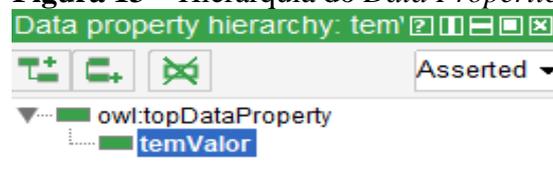
Foram ainda especificadas uma propriedade de dados (*Data Properties*). Essas propriedades representam os atributos das classes, associando uma característica de um indivíduo a um tipo de dado. O **Quadro 8** reúne essas propriedades.

Quadro 8 – Data Properties da ontologia

Dados das Propriedades	Descrição	Domínio	Imagem
<i>temValor</i>	Refere-se ao valor das variáveis climáticas.	Variáveis_Climáticas	<i>xsd:float</i>

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A **Figura 13** ilustra a hierarquia das propriedades de dados da ontologia na ferramenta Protégé.

Figura 13 – Hierarquia do Data Properties

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

4.2.6 Restrições de propriedades

Esta etapa é a penúltima do desenvolvimento de ontologias pelo guia 101, e trata das definições das restrições das propriedades. Cada propriedade pode ter características diferentes, porém, para o domínio desta ontologia, as propriedades do tipo *Object Properties* foram definidas como: transitiva e funcional.

A característica funcional das propriedades é aquela que define que um indivíduo possui no máximo um outro indivíduo relacionado a si. Por exemplo, uma instância de uma cidade só pode ser classificada com risco de surto ou sem risco de surto, ou seja, a cidade só pode ter no máximo uma classificação.

As propriedades transitivas permitem uma herança de relação entre indivíduos. De forma mais clara, têm-se o seguinte exemplo: uma propriedade transitiva T relaciona o indivíduo “a” ao indivíduo “b”, e essa mesma propriedade associa o indivíduo “b” ao indivíduo “c”. Por fim, infere-se que o indivíduo “a” está relacionado ao indivíduo “c” por meio da propriedade T (HORRIDGE *et al.*, 2004). O **Quadro 9** resume as propriedades de objetos e suas respectivas características.

Quadro 9 – Características das *Object Properties*

Propriedades	Características
<i>temFator</i>	Transitiva
<i>temRisco</i>	Funcional

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Após a criação das classes e propriedades foram criadas regras em SWRL que é uma linguagem de regras e essas combinam cláusulas com conceitos definidos em OWL. Além disso, pode ser usada para aumentar a capacidade de inferência dos indivíduos em uma base de conhecimento OWL (Horrocks *et al.*, 2004). As regras em SWRL são compostas de duas partes: o antecedente (*body*) e o conseqüente (*head*). Cada regra é uma implicação lógica entre o antecedente e o conseqüente, e é entendida como: sendo as condições do antecedente verdadeiras, então as condições conseqüentes também serão verdadeiras.

Baseado na RSL, definiu-se características que classificam o risco de surto de uma cidade e o nível de correlação em que uma área se encontra, através das propriedades de dados.

O **Quadro 10** expressa as regras SWRL divididas entre antecedentes e conseqüentes.

Quadro 10 – Regras em SWRL da classificação da área e da cidade

Descrição	Antecedentes	(→) Consequentes
Área com nível de correlação alta.	Área(?a) ^ Precipitação(?b) ^ Umidade_relativa(?c) ^ temFator(?a, ?b) ^ temFator(?a, ?c)	Forte(?a)
Área com nível de correlação alta.	Área(?a) ^ Precipitação(?b) ^ Temperatura(?c) ^ temFator(?a, ?b) ^ temFator(?a, ?c)	Forte(?a)
Área com nível de correlação alta.	Área(?a) ^ Baixa_renda(?b) ^ Coleta_de_lixo(?c) ^ Saneamento_precário(?d) ^ temFator(?a, ?b) ^ temFator(?a, ?c) ^ temFator(?a, ?d)	Forte(?a)
Área com nível de correlação alta.	Área(?a) ^ Alta_densidade_populacional(?b) ^ Áreas_urbanas(?c) ^ temFator(?a, ?b) ^ temFator(?a, ?c)	Forte(?a)
Área com nível de correlação fraca.	Área(?a) ^ Saneamento_precário(?b) ^ temFator(?a, ?b)	Fraca(?a)
Área com nível de correlação fraca.	Área(?a) ^ Baixa_renda(?b) ^ temFator(?a, ?b)	Fraca(?a)
Área com nível de correlação fraca.	Área(?a) ^ Áreas_rurais(?b) ^ temFator(?a, ?b)	Fraca(?a)
Área com nível de correlação fraca.	Área(?a) ^ Baixa_densidade_populacional(?b) ^ temFator(?a, ?b)	Fraca(?a)
Área com nível de correlação fraca.	Área(?a) ^ Coleta_de_lixo(?b) ^ temFator(?a, ?b)	Fraca(?a)
Cidade(?a) com risco de surto.	Área(?b) ^ Forte(?b) ^ Chuva(?c) ^ Temperatura(?d) ^ temFator(?a, ?c) ^ temFator(?a, ?d) ^ temRisco(?a, ?b)	Risco_de_surto(?a)

Quadro 10 – Regras em SWRL da classificação da área e da cidade

Cidade(?a) com risco de surto.	$\text{Área}(?b) \wedge \text{Fraca}(?b) \wedge \text{Chuva}(?c) \wedge \text{Temperatura}(?d) \wedge \text{temFator}(?a, ?c) \wedge \text{temFator}(?a, ?d) \wedge \text{temRisco}(?a, ?b) \rightarrow \text{Risco_de_surto}(?a)$	$\text{Risco_de_surto}(?a)$
Cidade(?a) sem risco de surto.	$\text{Área}(?b) \wedge \text{Fraca}(?b) \wedge \text{temRisco}(?a, ?b)$	$\text{Sem_risco_de_surto}(?a)$
Cidade(?a) sem risco de surto.	$\text{Área}(?b) \wedge \text{Forte}(?b) \wedge \text{temRisco}(?a, ?b)$	$\text{Sem_risco_de_surto}(?a)$

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Por fim, foram criadas as instâncias para demonstração de expressividade da ontologia desenvolvida. No próximo tópico descreve-se as instâncias utilizadas na ontologia.

4.2.7 Instâncias

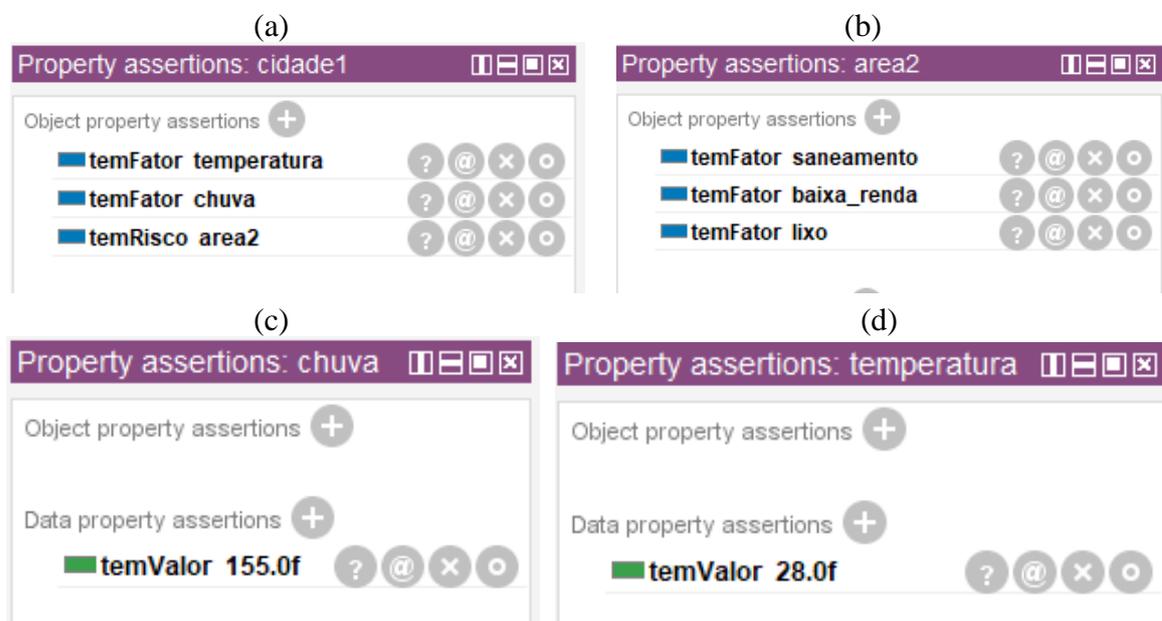
As instâncias também conhecidas como indivíduos é a última etapa da metodologia 101. Quando inseridas na ontologia, estes indivíduos são relacionados através das propriedades existentes. Foram inseridas 19 instâncias permanentes na ontologia, como mostra a **Figura 14**.

Figura 14 – Instâncias da ontologia criadas no Protégé

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Logo após, a **Figura 15** apresenta os relacionamentos entre as instâncias criadas. De acordo com essa figura, pode ser observado que a instância “cidade1” se relaciona com a instância “area2” por meio da propriedade *temRisco*. A instância “area2” se relaciona com as instâncias “saneamento”, “baixa_renda” e “lixo” por meio da propriedade *temFator*. As instâncias “chuva” e “temperatura” têm suas propriedades preenchidas com valores referentes a quantidade de chuva e o grau da temperatura.

Figura 15 – Relações entre as instâncias criadas: (a) relações da instância cidade1; (b) relações da instância area2; (c) valor da instância chuva; (d) valor da instância temperatura



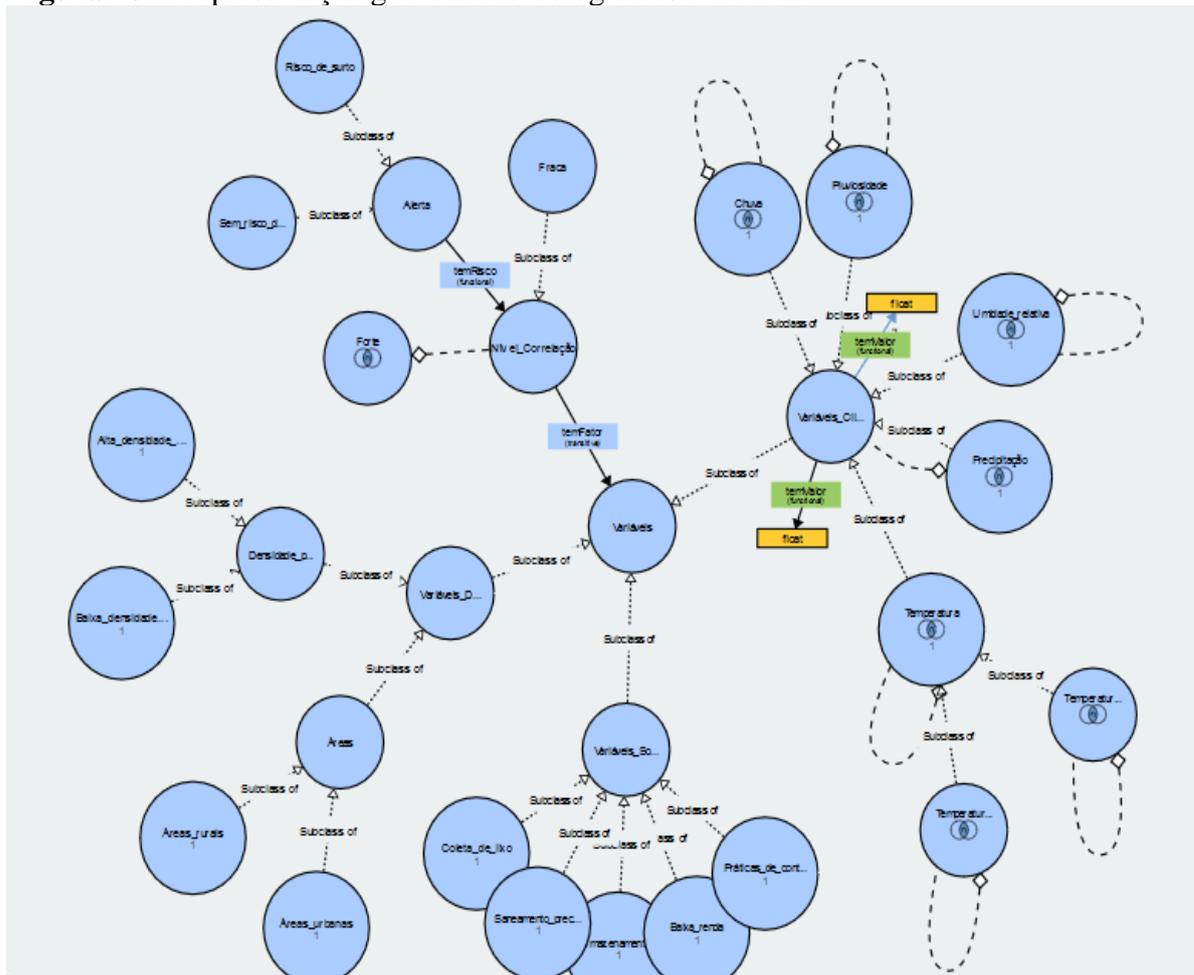
Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

4.3 Visualização

A ferramenta WebVOWL (*Visual Notation for OWL Ontologies*) possibilita a visualização gráfica de uma ontologia através de representações em grafos para a linguagem OWL. A **Figura 16** ilustra essa visualização.

É possível notar que todas as classes estão ligadas e não existe nenhum nó/classe desconectada. Isso nos permite inferir que a ontologia desenvolvida neste trabalho pode ser considerada conectada.

Figura 16 – Representação gráfica da ontologia desenvolvida



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

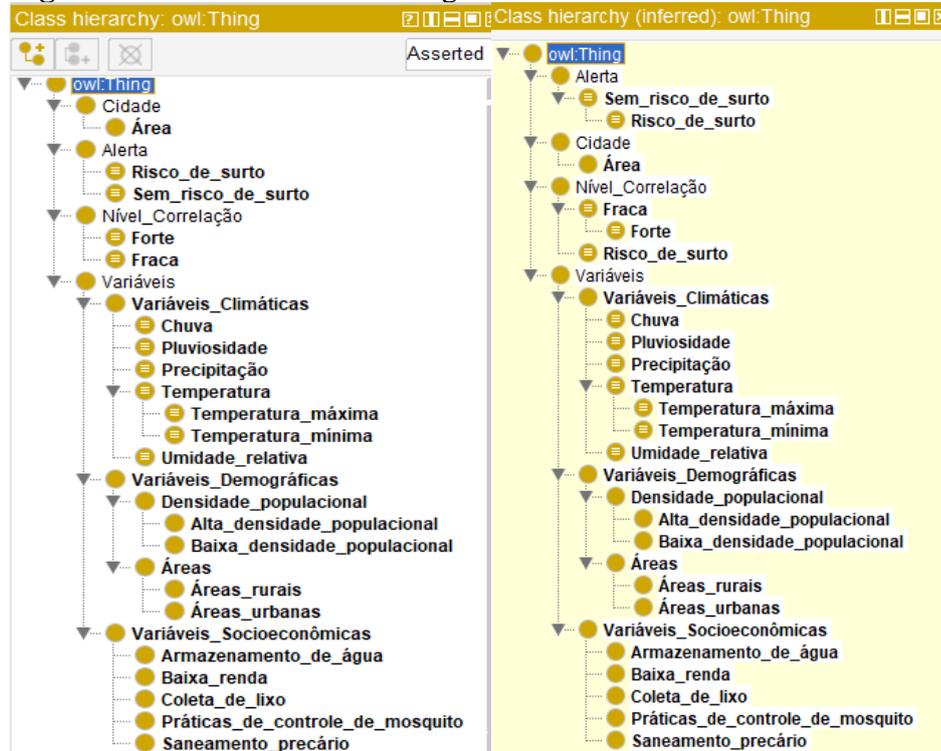
No próximo tópico descreve-se o processo de validação utilizado na ontologia.

4.4 Validação da ontologia

A validação de uma ontologia ocorre a partir da verificação da sua consistência, corretude e completude e, com isso, verificando se a mesma está atendendo aos requisitos que foram propostos de maneira correta e se a ontologia pode responder às questões de competência estabelecidas.

Em relação a consistência e corretude da ontologia, a **Figura 17** mostra a execução do motor de inferência *reasoner* Hermit presente no Protégé e usado para a verificação. Ao lado esquerdo da figura é possível observar as classes definidas, e ao lado direito encontra-se o modelo inferido da ontologia.

Figura 17 – Inferência da Ontologia



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

O comportamento observado para a hierarquia das classes inferida (*Class hierarchy inferred*) representa o contexto modelado de maneira confiável. Considera-se ainda que não ocorreu nenhum erro nas definições que causasse algum comportamento diferente. Isso denota que a ontologia pode ser considerada consistente e correta.

É possível ainda ver no modelo inferido que a subclasse *Forte* ficou dentro da subclasse *Fraca*, isso porque algumas variáveis que estão em *Fraca* também pertencem a *Forte*. Porém, na classe *Forte* as variáveis estão correlacionadas, como mostra a **Listagem 11**. Já na classe *Fraca* as variáveis encontram-se isoladas, de acordo com a **Listagem 10**.

O mesmo acontece para a classe *Risco_de_surto*, que ficou dentro de *Sem_risco_de_surto*, pois ambas possuem os mesmos fatores em suas equivalências, como apresenta a **Listagem 1 e 2**.

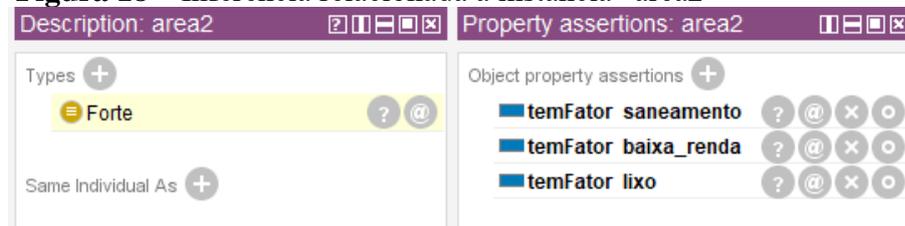
No que diz respeito à completude da ontologia que é a conclusão para a fase de verificação, apresentam-se as respostas das questões de competência definidas no capítulo 4. Para respondê-las, utilizou-se o motor de inferência da ferramenta Protégé e as consultas em SPARQL, inserindo dados hipotéticos de instância.

A **Figura 17** ainda responde à questão de competência 1, que são os fatores relacionados à doença descritos através das classes. A classe *Variáveis* contém como subclasses as

Variáveis_Climáticas; que contém como subclasse os fatores climáticos, as *Variáveis_Demográficas*; que possuem os fatores demográficos e as *Variáveis_Socioeconômicas*; que apresentam as subclasses relacionadas aos fatores socioeconômicos.

A **Figura 18** apresenta o resultado da inferência para a instância “area2”. A “area2” representa a área de uma cidade e se relaciona com os indivíduos “saneamento”, “baixa_renda” e “lixo”. O resultado da inferência é a classificação da instância “area2” como sendo do tipo *Forte*, pois os três indivíduos com quem essa instância se relaciona forma uma correlação, e esta correlação encontra-se nesse nível, conforme a **Listagem 11**.

Figura 18 – Inferência relacionada a instância “area2”

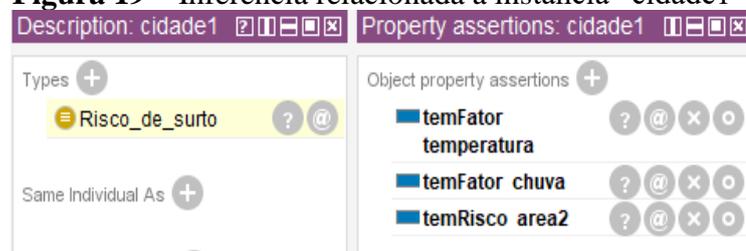


Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Assim, a ontologia responde à questão de competência 2, pois foi possível classificar uma área em um dos níveis de correlação a partir das suas propriedades.

Relacionado a resposta da questão de competência 3, o exemplo da **Figura 18** demonstra que, para que uma área possa influenciar no risco de surto da cidade ela deve possuir fatores, e esses devem ser do tipo socioeconômicos e/ou demográficos, assim como devem estar classificados em um dos níveis de correlação.

Figura 19 – Inferência relacionada a instância “cidade1”



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Sobre a questão de competência 4, para que uma cidade seja classificada com risco de surto deve possuir, obrigatoriamente, os fatores “chuva” e “temperatura”; assim como uma área que aumente a possibilidade do risco. Como mostra a **Figura 19**, a instância “cidade1” foi

classificada com risco de surto, pois ela possui o fator “chuva” e “temperatura”, além dos fatores presentes na “area2” que aumentam as chances do risco. A relação entre a cidade e a área foi feita através da propriedade “temRisco”, ou seja, a “area2” representa um risco para a cidade; porém, o que determina se a cidade terá ou não surto de dengue são os fatores chuva e temperatura associados aos fatores da área.

Figura 20 – Inferência relacionada a instância “cidade2”



Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Já para a instância “cidade2” que foi classificada em sem risco de surto, de acordo com a ilustração da **Figura 20**, observa-se que essa cidade possui apenas uma instância de área como risco que é a “area2”, mas não apresenta “chuva” e “temperatura” e, por esse motivo, foi classificada em sem risco de surto.

Com o propósito de melhorar a validação da completude, utilizou-se as instâncias já criadas na ontologia como um cenário hipotético, conforme o **Quadro 11**, para realização das consultas em SPARQL. E, com isso, responder as questões de competência 2 e 4 relacionadas a classificação da área e da cidade, respectivamente.

Quadro 11 – Dados hipotéticos de instâncias

Instância	Informações	Classificação
area2	temFator lixo temFator saneamento temFator baixa_renda	<i>Forte</i>
cidade1	temFator chuva temFator temperatura temRisco area2	<i>Risco_de_surto</i>

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A primeira consulta SPARQL (questão de competência 2) recupera instâncias de áreas em um dos níveis de correlação, ou seja, aquelas classificadas em forte ou fraca de acordo com os fatores correlacionados ou isolados. A **Listagem 11** apresenta a consulta em SPARQL

para resolução desta questão de competência e o resultado da situação hipotética criada. A consulta retorna, como resultado, a área classificada no nível de correlação forte.

Listagem 11 – Constatação da completude, resolução da Questão de competência 2

Questão de competência 2: Como classificar uma área em um dos níveis de correlação?

Consulta SPARQL

```

1 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5 PREFIX ont: http://www.semanticweb.org/claudiaaraujo/ontologies/2019/8/untiled-
6 ontology-10#>
7
8 SELECT ?area ?fator1 ?fator2 ?fator3 ?typeArea
9 WHERE {
10   ?area rdf:type ont:Área .
11   ?fator1 rdf:type ont:Baixa_renda .
12   ?fator2 rdf:type ont:Coleta_de_lixo .
13   ?fator3 rdf:type ont:Saneamento_precário .
14   ?area rdf:type ont:temFator ?fator1 .
15   ?area rdf:type ont:temFator ?fator2 .
16   ?area rdf:type ont:temFator ?fator3 .
17   ?area rdf:type ?typeArea .
18 }
```

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Quadro 12 – Resultado da questão de competência 2

Resultado
area2

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

A segunda consulta SPARQL (questão de competência 4) recupera instâncias de cidades com risco de surto, de acordo com os fatores climáticos chuva e temperatura e uma área que auxilia no aumento do risco. A **Listagem 1** apresenta a consulta e o resultado.

Listagem 1 – Constatação da completude, resolução da Questão de competência 4**Questão de competência 4: Como classificar uma cidade com ou sem risco de surto através dos fatores?**

Consulta SPARQL

```

1 PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
2 PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
3 PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
4 PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
5 PREFIX ont: http://www.semanticweb.org/claudiaaraujo/ontologies/2019/8/untiled-
6 ontology-10#>
7
8 SELECT ?cidade ?fator1 ?fator2 ?area ?typeCidade
9 WHERE {
10   ?cidade rdf:type ont:Cidade .
11   ?area rdf:type ont:Área .
12   ?area rdf:type ont:Forte .
13   ?fator1 rdf:type ont:Chuva .
14   ?fator2 rdf:type ont:Temperatura .
15   ?cidade rdf:type ont:temFator ?fator1 .
16   ?cidade rdf:type ont:temFator ?fator2 .
17   ?cidade rdf:type ont:temRisco ?area .
18   ?cidade rdf:type ?typeCidade .
19 }

```

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.**Quadro 13** – Resultado da questão de competência 4

Resultado
cidade1

Fonte: Elaborada pela autora, 2019.

Desta forma, verificou-se que a ontologia se comportou corretamente quanto à classificação das cidades com risco de surto e das áreas em relação ao nível de correlação. O próximo capítulo apresenta as considerações finais deste trabalho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo desenvolver uma ontologia sobre fatores associados à proliferação da dengue, as correlações entre os fatores e os níveis de correlação.

A Revisão Sistemática da Literatura possibilitou a ampliação do conhecimento sobre os fatores relacionados à doença, assim como com quais outras variáveis esses fatores se relacionam e em que nível está correlação está inserida. Através dessa revisão foi possível também identificar quais conceitos seriam inseridos na ontologia. Nos próximos tópicos deste capítulo serão apresentadas as conclusões referentes a esta pesquisa, a começar pelo sumário de pesquisa (5.1), que expõe em síntese os objetivos alcançados, contribuições da pesquisa (5.2) para o meio científico e, por fim, as limitações (5.3) e trabalhos futuros (5.4).

5.1 Sumário da pesquisa

Buscando atingir os objetivos deste trabalho levou-se em conta algumas questões para serem respondidas no decorrer da pesquisa. Os estudos primários serviram de base para responder às questões de pesquisa citadas na introdução, tópico (1.1).

Em relação a questão de pesquisa **QGP1** – Quais são as características das áreas afetadas pelo surto de dengue?

As áreas afetadas possuem os fatores socioeconômicos e demográficos correlacionados ou isolados, e são também classificadas em um dos níveis de correlação.

Quanto a questão de pesquisa **QSP1** – Quais fatores estão relacionados ao surto de dengue?

Realizou-se uma RSL em fatores que influenciam no desenvolvimento do mosquito da dengue. A revisão indicou fatores associados a variáveis climáticas, demográficas e socioeconômicas, como se pôde observar no **Quadro 3**, coluna 4, tópico 3.6

Sobre a **QGP2** – Como classificar uma determinada cidade em risco de surto?

A classificação demonstrada neste trabalho considerou as variáveis relacionadas a dengue. E a partir dos fatores temperatura e chuva e uma área que influencia no risco, uma cidade pôde ser classificada como risco de surto.

Relacionada a **QSP2** – É possível classificar em níveis de risco uma dada região a partir dos fatores?

Não foi possível identificar os níveis de risco na revisão, apenas era dito pelos autores que as variáveis tinham influência no risco de surto.

Quanto aos objetivos específicos, obteve-se os fatores predominantes para a doença dengue através da RSL, atendendo ao **OBE1**. Os fatores encontrados estão disponibilizados no **Quadro 3** e na **Figura 18**. As correlações entre as variáveis que responde **OBE2** também estão disponíveis no **Quadro 3**. E por último, os **OBE 3 e 4**, validados no capítulo 4.

5.2 Contribuições

Esta pesquisa contribui para o conhecimento da população e dos gestores de saúde sobre os possíveis fatores que são capazes de intensificar a proliferação da dengue. E esse conhecimento pode antecipar ações que aplicadas, ajudem a evitar a ocorrência da doença, a partir do controle do vetor.

5.3 Limitações

A ontologia deste trabalho apresenta restrições, tais como:

- A ontologia não tem o conceito real sobre a classificação do risco de surto em níveis, através dos fatores relacionados à dengue;
- A ontologia ainda não foi testada em um ambiente real de monitoramento das áreas de risco;
- A ontologia deve ser avaliada quanto à sua aceitação pela comunidade de gestores e a população.

5.4 Trabalhos futuros

O problema de pesquisa tratado neste trabalho pode ainda ser explorado no sentido de encontrar novas formas para realizar a classificação do risco de surto, e não apenas com os fatores. Com isso, expandir o escopo da pesquisa, prosseguir com o desenvolvimento da ontologia e integrá-la a um sistema para auxiliar no monitoramento das áreas de risco no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, T. P. A. **PAOLA**: Uma plataforma para o desenvolvimento de aplicações baseadas em ontologias para o projeto LARIISA. 2012. Dissertação (Mestrado em computação Aplicada) – Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, 2012.
- ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definição, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 7-20, set./dez. 2003.
- ALVES, R. C. V. **Web Semântica**: uma análise focada no uso de metadados. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2005.
- AZEVEDO, T. S. *et al.* The influence of urban heat islands and socioeconomic factors on the spatial distribution of *Aedes aegypti* larval habitats. **Geospatial Health** 2018, São Paulo, v. 13, n. 623, p. 170-187, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.4081/gh.2018.623>.
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web: A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. **Scientific American**, [S. l.], p. 1-4, May 2001.
- BORST, W. **Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse**. PhD thesis, University of Twenteands. P.O. Box 217 - 7500 AE Enschede - The Netherlands, 1997.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Dengue: sintomas, causas, tratamento e prevenção**. [online]. Disponível em:<http://www.saude.gov.br/saude-de-a-z/dengue#dengue>. Acesso em: 04 de outubro de 2019.
- BRASIL. Organização Mundial da Saúde (OMS) e Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). **Folha informativa - dengue e dengue grave**. 2019. Disponível em: <https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5963:folha-informativa-dengue-e-dengue-grave&Itemid=812>. Acesso em: 04 de outubro de 2019.
- BRASIL. Secretaria da Saúde. [online]. **Aspectos clínicos e laboratoriais**. Disponível em: <<http://www.dengue.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=12>> Acesso em: 04 de outubro de 2019.
- BRASIL. Secretaria da Saúde. [online]. **Dengue - Características clínicas e epidemiológicas**. Disponível em: <<http://www.dengue.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=11>> Acesso em: 04 de outubro de 2019.
- CARBAJO, A.E.; CARDO, M.V.; VEZZANI, D. Past, present and future of *Aedes aegypti* in its South American southern distribution fringe: What do temperature and population tell us?. **Acta Tropica**, [S:l], 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.11.017>.

CARVALHO, A. I. de. Determinantes sociais, econômicos e ambientais da saúde. *In: FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. A saúde no Brasil em 2030 - prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro: população e perfil sanitário*. Rio de Janeiro: Fiocruz/Ipea/Ministério da Saúde/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República, v. 2, p. 19-38, 2013. ISBN 978-85-8110-016-6.

CHADEE, D. D.; MARTINEZ, R. *Aedes aegypti* (L.) in Latin American and Caribbean region: With growing evidence for vector adaptation to climate change?. **Acta Tropica**, [S:l]:Elsevier, v. 156, p. 137-143, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.actatropica.2015.12.022>.

CHANG, K. *et al.* Time-Lagging Interplay Effect and Excess Risk of Meteorological/Mosquito Parameters and Petrochemical Gas Explosion on Dengue Incidence. **Scientific RepoRts**, Kaohsiung, v. 6, n. 35028, p. 1-10, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/srep35028>.

CHUNG-HONG, L.; HSIN-CHANG, Y.; SHIH-JAN, L. Incorporating Big Data and Social Sensors in a Novel Early Warning System of Dengue Outbreaks. **ASONAM '15**, Paris, p. 1428-1433, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1145/2808797.2808883>.

CORRÊA, P. R. L.; FRANÇA, E.; BOGUTCHI, T. F. Infestação pelo *Aedes aegypti* e ocorrência da dengue em Belo Horizonte, Minas Gerais. **Rev Saúde Pública**, São Paulo, v. 39, n. 1, p. 33-40, jan. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-89102005000100005>.

DATOC, H. I.; CAPARAS, R.; CARO, J. Forecasting and data visualization of dengue spread in the Philippine Visayas island group. **2016 7th International Conference on Information, Intelligence, Systems & Applications (IISA)**, [S:l], 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/iisa.2016.7785420>.

DHAR-CHOWDHURY, P. *et al.* Socioeconomic and Ecological Factors Influencing *Aedes aegypti* Prevalence, Abundance, and Distribution in Dhaka, Bangladesh. **Am. J. Trop. Med. Hyg.**, [S:l], v. 94, n. 6, p. 1223-1233, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.4269/ajtmh.15-0639>.

DICKENS, B. L. *et al.* Determining environmental and anthropogenic factors which explain the global distribution of *Aedes aegypti* and *Ae. Albopictus*. **BMJ Glob Health** 2018, [S:l], p. 1-11, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjgh-2018-000801>.

ESTALLO, E. L. *et al.* MODIS Environmental Data to Assess Chikungunya, Dengue, and Zika Diseases Through *Aedes (Stegomia) aegypti* Oviposition Activity Estimation. **IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing**, [S:l], v. 9, n. 12, p. 5461–5466, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/jstars.2016.2604577>.

FISCHER, S. *et al.* Long-term spatio-temporal dynamics of the mosquito *Aedes aegypti* in temperate Argentina. **Bulletin of Entomological Research**, Argentina, p. 1-9, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1017/S0007485316000869>.

GABRIEL, A. F. B. *et al.* Avaliação de impacto à saúde da incidência de dengue associada à pluviosidade no município de Ribeirão Preto, São Paulo. **Cad. saúde colet.**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 4, p. 446-452, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1414-462x201800040119>.

- GUARINO, N. Formal ontology in information systems. **FOIS'98**, Amsterdam: IOS Press, p. 3-15, 1998.
- GÓMEZ-PÉREZ, A. Ontology evaluation. *In: Handbook on Ontologies*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, p. 251–273, 2004. ISBN 978-3-540-24750-0. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-24750-0_13.
- GRUBER, T. R. A. Translation Approach to Portable Ontology Specifications. **Knowledge Acquisition**. [S. l.], v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.
- HEINISCH E SILVA, M. R. *et al.* Seasonal and spatial distribution of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* in a municipal urban park in Sao Paulo, SP, Brazil. **Acta Tropica**, [S:l], p. 1-40, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2018.09.011>.
- HEVNER, A. R. *et al.* Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, Mar. 2004.
- HOANG, P. N. *et al.* Causality Analysis Between Climatic Factors And Dengue Fever Using The Granger Causality. **2016 IEEE RIVF International Conference on Computing & Communication Technologies, Research, Innovation, and Vision for the Future**, Vietnã, p.49-54, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/RIVF.2016.7800268>.
- HORRIDGE, M. *et al.* A practical guide to building owl ontologies using the protégé-owl plugin and co-ode tools edition 1.0. **University of Manchester**, 2004.
- HORROCKS, I. *et al.* **SWRL: A semantic web rule language combining OWL and ruleml**. W3C. 2004. Disponível em: <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>. Acesso em: 15 de novembro de 2019.
- ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados Abertos Conectados: Em busca da Web do Conhecimento**. [São Paulo]: Novatec Editora, 2015.
- JAT, M. K.; MALA, S. Application of GIS and Space-Time Scan Statistic for Vector Borne Disease Clustering. **ICEGOV '17**, New Delhi, p. 329-338, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1145/3047273.3047361>.
- KERDPRASOP, N.; KERDPRASOP, K. Remote Sensing Based Modeling of Dengue Outbreak with Regression and Binning Classification. **2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications**, China, p. 46-49, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/CompComm.2016.7924662>.
- KITCHENHAM, B. **Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. Version 2.3. Technical Report EBSE. Software Engineering Group. School of Computer Science and Mathematics Keele University. 2007.
- LI, R. *et al.* Climate-driven variation in mosquito density predicts the spatiotemporal dynamics of dengue. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. [S:l], v. 116, n. 9, p. 3624-3629, February 2019. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1806094116>.

LIU-HELMERSSON, J. *et al.* Climate change may enable *Aedes aegypti* infestation in major European cities by 2100. **Environmental Research**, [S:l]: Elsevier, v. 172, p. 693–699, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.02.026>.

LONDOÑO-RENTERÍA, B. *et al.* *Aedes aegypti* anti-salivary gland antibody concentration and dengue virus exposure history in healthy individuals living in an endemic area in Colombia. **Biomédica** 2015, Colômbia, v.35, p. 572-581, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.7705/biomedica.v35i4.2530>.

LOPES, L. *et al.* Extração automática de termos compostos para construção de ontologias: um experimento na área da saúde. **RECIIS**, R. Eletr. de Com. Inf. Inov. Saúde, Rio de Janeiro, v. 3, n. 1, p. 76-88, mar. 2009. DOI: <https://doi.org/10.3395/reciis.v3i1.244pt>.

MARINHO, R. A. **Ecobiologia de *Aedes aegypti* (L. 1762) (Diptera: Culicidae) associada a fatores climáticos em três mesorregiões da Paraíba**. 2013. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação) – Universidade Estadual da Paraíba, Pró-Reitoria de Pós-Graduação, Campina Grande, 2013.

MEDEIROS, W. M. C.; OLIVEIRA, L. A. H. G.; SOUSA, L. G. Uso de ontologias para acesso a informações de saúde armazenadas em bases de dados heterogêneas. *In: XI CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA EM SAÚDE*, 2008, Campos do Jordão, São Paulo, Brasil. **Anais [...]**. 2008.

MISSLIN, R. *et al.* Estimating air temperature using MODIS surface temperature images for assessing *Aedes aegypti* thermal niche in Bangkok, Thailand. **Environ Monit Assess**, [S:l]:Springer, v. 190 , n. 537 , p. 1-17, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6875-0>.

MORAIS, E. A. M.; AMBRÓSIO, A. P. L. Ontologias: conceitos, usos, tipos, metodologias, ferramentas e linguagens. **Technical Report INF_001/07**, Universidade Federal de Goiás, dez. 2007.

MWEYA, C. N. *et al.* Climate Change Influences Potential Distribution of Infected *Aedes aegypti* CoOccurrence with Dengue Epidemics Risk Areas in Tanzania. **PLOS ONE**, [S:l], v. 11, n. 9, p. 1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0162649>.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. [S. l.]: Stanford knowledge systems laboratory **technical report KSL-01-05** and Stanford medical informatics technical report SMI-2001-0880, Stanford, CA, 2001.

OLIVEIRA, T. N. **ANÁLISE E CLASSIFICAÇÃO DA POPULAÇÃO DO MOSQUITO AEGYPTI EM PATOS PB**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) – Universidade Estadual da Paraíba, Patos, 2018.

OLIVEIRA, W. K. **Situação Epidemiológica: Dengue, Chikungunya, Zika, SZC, Sarampo e Influenza**. *In: 2ª REUNIÃO ORDINÁRIA DA COMISSÃO INTERGESTORES TRIPARTITE*. Brasília, p. 1-37, 28 mar. 2019.

OVERGAARD, H. J. *et al.* A cross-sectional survey of *Aedes aegypti* immature abundance in urban and rural household containers in central Colombia. **Parasites & Vectors**, [S:l], v. 10, n. 356, p. 1-12, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2295-1>.

PLIEGO, E. P.; VELAZQUEZ-CASTRO, J.; FRAGUELA COLLAR, A. Seasonality on the life cycle of *Aedes aegypti* mosquito and its statistical relation with dengue outbreaks, **Applied Mathematical Modelling**, [S:l], 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.06.003>.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Rio Grande do Sul: Feevale, 2013. *E-book*.

PROTÉGÉ. Stanford University School of Medicine, 2016. Disponível em: <https://protege.stanford.edu/>. Acesso em: Maio de 2019.

PUI-JEN, T. *et al.* Critical low temperature for the survival of *Aedes aegypti* in Taiwan. **Parasites & Vectors**, [S:l], v. 11, n. 22, p. 1-14, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-017-2606-6>.

QUEIROZ, P. G. G.; BRAGA, R. T. V. Development of Critical Embedded Systems Using Model-Driven and Product Lines Techniques: A Systematic Review. 2014 **Eighth Brazilian Symposium On Software Components, Architectures And Reuse**, [s.l.], p.74-83, set. 2014. IEEE.

RAJAPAKSE, M. *et al.* Ontology-centric integration and navigation of the dengue literature. **Journal of Biomedical Informatics**, [S. l.]: Elsevier, v. 41, p. 806-815, Oct. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2008.04.004>.

RIVAS, A, V. *et al.* Building Infestation Index for *Aedes aegypti* and occurrence of dengue fever in the municipality of Foz do Iguaçu, Paraná, Brazil, from 2001 to 2016. **Rev Soc Bras Med TropN**, [S:l], v. 51, n. 1, p. 71-76, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0037-8682-0228-2017>.

RIZZI, C. B. *et al.* Considerações sobre a dengue e variáveis de importância à infestação por *Aedes Aegypti*. **Hygeia**, [S. l.], v. 13, n. 24, p. 24-40, 22 jun. 2017.

RODRIGUES, M. M. *et al.* Density of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and its association with number of residents and meteorological variables in the home environment of dengue endemic area, São Paulo, Brazil. **Parasites & Vectors**, [S:l], v. 8, n. 115, p. 1-9, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13071-015-0703-y>.

ROSSI, G. *et al.* The spread of mosquito-borne viruses in modern times: a spatio-temporal analysis of dengue and chikungunya, **Spatial and Spatio-temporal Epidemiology**, [S:l], 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sste.2018.06.002>.

RYAN, S. J. *et al.* Socio-Ecological Factors Associated with Dengue Risk and *Aedes aegypti* Presence in the Galápagos Islands, Ecuador. **Int. J. Environ. Res. Public Health**, Equador, v. 16, n. 682, p. 1-16, 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph16050682>.

- SESULIHATIEN, W. T.; SASAKI, S.; KIYOKI, Y. Ecological Context-Dependent Analysis and Prediction using MMM : A Case of Dengue Fever Disease. **2015 International Electronics Symposium (IES)**, [S:l], p. 227-232, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1109/ELECSYM.2015.7380846>.
- SHEN JI, C. *et al.* The Impacts of Mosquito Density and Meteorological Factors on Dengue Fever Epidemics in Guangzhou, China, 2006-2014: a Time-series Analysis. **Biomed Environ Sci**, China, v. 28, n. 5, p. 321-329, 2015. DOI: <https://doi.org/10.3967/bes2015.046>.
- SILVA, J. C. B.; MACHADO, C. J. S. Associações entre dengue e variáveis socioambientais nas capitais do nordeste brasileiro por análise de agrupamentos. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 21, p. 1-22, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0133r2vu1814td>.
- SOBRAL, M. F. F.; SOBRAL, A. I. G. P. Casos de dengue e coleta de lixo urbano: um estudo na Cidade do Recife, Brasil. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p. 1075-1082, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-81232018243.10702017>.
- SOUZA, I. C. A.; VIANNA, R. P. T; MORAES, R. M. Modelagem da incidência do dengue na Paraíba, Brasil, por modelos de defasagem distribuída. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 11, p. 2623-2630, nov. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-311X2007001100010>.
- VALDEZ, L.D.; SIBONA, G.J.; CONDAT, C.A. Impact of rainfall on *Aedes aegypti* populations. **Ecological Modelling**, [S:l]:Elsevier, v. 385, 96-105, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2018.07.003>.
- VIANA, D. V.; IGNOTTI, E. A ocorrência da dengue e variações meteorológicas no Brasil: revisão sistemática. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S. l.], v. 16, n. 2, p. 240-256, 2013. ISSN 1980-5497. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200002>.
- WIERINGA, R. J. **Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering**, Berlin: Springer. 2014.
- WILKE, A. B. B.; WILK-DA-SILVA, R.; MARRELLI, M. T. Microgeographic population structuring of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). **PLOS ONE**, [S:l], v. 12, n. 9, p. 1-11, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185150>.
- ZAPLETAL, J. *et al.* Impacts of diurnal temperature and larval density on aquatic development of *Aedes aegypti*. **PLOS ONE**, [S:l], v. 13, n. 3, p. 1-16, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0194025>.
- ZHU, G.; HUNTER, J.; JIANG, Y. Improved Prediction of Dengue Outbreak Using the Delay Permutation Entropy. **9th IEEE International Conference on Internet of Things, 12th IEEE International Conference on Green Computing and Communications, 9th IEEE International Conference on Cyber, Physical, and Social Computing and 2016 IEEE International Conference on Smart Data, iThings-GreenCom-CPSCom-Smart Data 2016**, China, p. 828-832 2016. DOI: <https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2016.172>.