

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE INFORMÁTICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO**

PRISCILA PICCOLO

**SISTEMA DE RECOMENDAÇÃO DE SERVIÇOS PARA UMA CIDADE
INTELIGENTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial
para a obtenção do grau de Mestre em Ciência
da Computação.

Orientador: Prof. Dr. José Palazzo Moreira de
Oliveira

**PORTO ALEGRE - RS
2020**

CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

Piccolo, Priscila

Um Sistema de Recomendação de Serviços para Uma Cidade Inteligente / Priscila Piccolo. Porto Alegre: PPGC da UFRGS– 2020.

90 f.:il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Computação. Porto Alegre, BR – RS, 2020. Orientador: José Palazzo Moreira de Oliveira

1. Recomendação de Serviços. 2. Pontos de Interesse 3. Modelos Ontológicos.
4. Cidades Inteligentes. I. Palazzo Moreira de Oliveira, José. II. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos André Bulhões

Vice-Reitora: Profa. Patricia Pranke

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof. Cintia Inês Boll

Diretora do Instituto de Informática: Profa. Carla Maria Dal Sasso Freitas

Coordenadora do PPGC: Profa. Luciana Salete Buriol

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado coragem, força e essa oportunidade de poder contribuir com a ciência de nosso tão amado Brasil. Agradeço a toda minha família por ter me ajudado em todos esses anos de estudo, em especial a minha tão amada mãe, meu padrasto e meu irmão. Agradeço ao meu noivo que tanto me ajuda e me apoia em todos os momentos.

Agradeço em especial ao meu orientador Professor Dr. José Palazzo, pela paciência, por estar sempre presente, pelo incentivo, por ser esse profissional exemplar, pela disponibilidade em todos os momentos ao qual necessitei, exemplo de ser humano e pessoa que desejo seguir em minha carreira profissional e acadêmica.

Agradeço em especial aos meus colegas e amigos pelo incentivo, em especial ao Leonardo, Brenda, Guilherme, Gabriel, Piter e Paulo. Todos me auxiliaram para trilhar esse caminho tão árduo na busca do saber. Além de todos os demais colegas do grupo de pesquisa da UFRGS, todos de alguma forma contribuíram com minha jornada acadêmica.

Agradeço a UFRGS, a todos os professores e técnicos administrativos que me auxiliaram durante as aulas ou na resolução de problemas administrativos que enfrentei.

RESUMO

Cidades Inteligentes são espaços complexos com variedade de informações, no qual os cidadãos podem ter acesso, sejam eles visitantes ou residentes. Denominado de pontos de interesse (POIs) as informações relacionadas a uma cidade, estando estes POIs espalhados ou concentrados no mesmo local. Ao buscar interesses, o usuário utiliza meios tradicionais de pesquisa, que por vezes não retornam exatamente o local ou serviço desejado. Visando melhorar o resultado da busca, foi utilizado um modelo ontológico, através de um estudo de caso, adicionando dados da cidade de Cotiporã/RS. Através deste estudo é possível mostrar que uma das formas de se modelar um sistema de recomendação é com base nas ontologias. Essas melhoram a semântica e criam uma padronização na web para facilitar o compartilhamento do conhecimento. A abordagem desenvolvida tem por objetivo recomendar POIs turísticos e serviços da área da saúde. Para avaliar o protótipo, foram desenvolvidas regras SWRL inferidas utilizando o motor de inferências Pellet, onde, baseado nas preferências do usuário, o protótipo retorna o resultado da busca efetuada através da localização do usuário, apresentando na interface. Com esta proposta é possível continuar o projeto ampliando os filtros de recomendação para outros setores e ampliar o projeto para outras cidades.

Palavras-chave: sistemas de recomendação, pontos de interesse, ontologia, cidades inteligentes

ABSTRACT

Smart Cities are complex spaces with a variety of information, which citizens can access, whether they are visitors or residents. Information related to a city is referred to as points of interest (POIs), these POIs being scattered or concentrated in the same location. When seeking interests, the user uses traditional means of research, which sometimes do not return exactly the desired location or service. To improve the search result, an ontological model was used, through a case study, adding data from the city of Cotiporã / RS. Through this study it is possible to show that one of the ways to model a recommendation system is based on ontologies. These improve semantics and create a standardization on the web to facilitate knowledge sharing. The developed approach aims to recommend tourist POIs and health services. To evaluate the prototype, SWRL rules developed using the Pellet inferences engine were developed, where, based on the user's preferences, the prototype returns the search result made through the user's location, presenting it on the interface. With this proposal it is possible to continue the project by expanding the recommendation filters to other sectors and to expand the project to other cities.

Keywords: recommendation system, points of interest, ontology, smart cities

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução da Web - Da 'Era PC' até 'Web 5.0'	18
Figura 4.1 - Open Street Maps Mapeado com Dados de Cotiporã.....	53
Figura 4.2 -Modelo desenvolvido.....	57
Figura 4.3 - Modelo usuário	58
Figura 4.4 - Modelo de localização do Ponto de Interesse	59
Figura 4.5 - Modelo conexões tecnológicas	59
Figura 4.6 - Modelo de recomendação de pontos de interesse	60
Figura 4.7 - Classes de Ontologia e suas principais relações	61
Figura 4.8 - Site da Prefeitura de Cotiporã indicando os setores	62
Figura 4.9 - Mapa conceitual dos Setores da Prefeitura de Cotiporã	63
Figura 4.10 - Modelo com pontos de interesse de Cotiporã.....	64
Figura 4.11 - Arquitetura desenvolvida.....	65
Figura 4.12 - Primeira Tela do Sistema.....	66
Figura 4.13 - Segunda Tela do Sistema.....	67
Figura 4.14 - Terceira Tela do Sistema	67
Figura 4.15 - Quarta Tela do Sistema.....	68
Figura 5.1 – Arquitetura da Proposta.....	71
Figura 5.2 – Modelo aplicado em Turismo	73
Figura 5.3 – Regra Inferida dos POIs para Turismo.....	76
Figura 5.4 - Modelo aplicado em Saúde.....	77
Figura 5.5 – Regra Inferida dos POIs de Serviços de Saúde.....	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Comparativo dos Trabalhos Relacionados	48
Tabela 5.1 – Regra Lógica Aplicada a Adulto	75
Tabela 5.2 – Regra Lógica Aplicada a Criança	77
Tabela 5.3 – Regra Lógica Aplicada a Pessoa Idosa	79

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3Vs	Volume, Velocidade e Variedade
CAGR	Compound Annual Growth Rate
CC	Ciência da Computação
CCU	Unidade de Comando e Controle
CEO	Chief Executive Officer
CI	Ciência da Informação
CRM	Customer Relationship Management
CSV	Comma Separated Values
DA	Dados Abertos
DLP	Description Logic Programs
DMOs	Destination Management Organizations
FBC	Filtragem Baseada em Conteúdo
FC	Filtragem Colaborativa
FH	Filtragem Híbrida
GDB	Comportamento Direcionado a Metas
GPS	Global System Positioning
IA	Inteligência Artificial
IaaS	Infraestrutura como Serviço
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDC	International Data Corporation
IoT	Internet Of Things
LBSMF	Fatoração de Matriz Social Baseada em Fatores
LBSNs	Location Based Social Networking
LbsnS	Redes Sociais BASEADAS em localização
LIMES	Link Discovery Framework for Metric Spaces
LOD	Dados Abertos Vinculados
LOD	Level Of Development
MCF	My City Forecast
MIT	Instituto de Tecnologia de Massachusetts
OAEI	Iniciativa de Avaliação de Alinhamento de Ontologias
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas

OWL	Ontology Web Language
PaaS	Plataforma como serviço
PDF	Portable Document Format
PNAD	Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios
PNL	Programação Neuro Linguística
POI	Ponto de Interesse
RDF	Resource Description Framework
RS	Rio Grande do Sul
RSs	Really Simple Syndication
SaaS	Software como Serviço
SCDAP	Painel de Análise de Dados de Cidades Inteligentes
SEAL	Pesquisa de Localização Aprimorada de Sentimentos
SFI	Sistemas de Recuperação da Informação
SILK	Link Discovery Framework
SIMILE	Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments
SKOS	Simple Knowledge Organization System
SR	Sistema de Recomendação
SRS	Sistema de Recomendação de Serviços
STAP	Atividade Temporal Espacial Preferencial
STELLAR	Método de Classificação Latente Espaço-Temporal
SWRL	Semantic Web Rule Language
TAIS	Turista Assistente
TI	Tecnologias de Informação
TIC	Tecnologias de Informação e Comunicação
UNCTAD	United Nations Conference on Trade and Development
W3C	World Wide Web Consortium
XML	eXtensible Markup Language

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
2.1. Cidades Inteligentes.....	15
2.2. Ontologias	16
2.3. Web Semântica	17
2.4. Dados Aberto e Conectados	19
2.5. Sistemas de Recomendação.....	21
2.6. Considerações Finais	24
3. TRABALHOS RELACIONADOS	25
3.1. Serviços de recomendação para cidades inteligentes	25
3.2. Recomendação pela Ontologia de POI em Turismo	35
3.3. Considerações Finais	50
4. RECOMENDAÇÃO DE PONTOS DE INTERESSE PARA CIDADES INTELIGENTES ..	51
4.1. Descrição do Protótipo	51
4.2. Funcionalidades do Sistema.....	52
4.3. Modelagem Ontológica de Cotiporã.....	52
4.3.1. Metodologia Utilizada.....	54
4.3.2. Organização da Abordagem.....	56
4.3.3. Modelagem Utilizada	61
4.4. Arquitetura do Sistema	64
4.5. Interface da Proposta	66
4.6. Considerações Finais	69
5. ESTUDO DE CASO.....	70
5.1. Possibilidade de Utilização.....	70
5.2. Inferências sobre Regras para Recomendação.....	71
5.2.1. Cenário 1 – Turismo	72
5.2.2. Cenário 2 – Saúde	76
5.3. Considerações Finais	80
6. CONCLUSÃO.....	81
7. REFERÊNCIAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

De acordo com os dados do estudo realizado em 2015 pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), 84,72% da população brasileira vivem em áreas urbanas e 15,28%, em áreas rurais (AZEVEDO, 2016). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) estima que, em 2030, seis em cada 10 pessoas em todo o mundo viverão em cidades e, em 2050, dois terços da população mundial viverá nas cidades. Essa movimentação de pessoas tem como um dos principais motivos o êxodo rural, que é a migração de indivíduos da área rural para zona urbana ocasionada pelo fator econômico de desestruturação da agricultura familiar (VANDERLINDE, 2005).

Esse movimento, conforme dados do IBGE (2017), acontece com mais intensidade no Brasil nas décadas de 1970 e 1980 devido aos avanços tecnológicos agrícolas (AUGUSTO; RIBEIRO, 2005; VANDERLINDE, 2005). A dificuldade de acesso à informação e a serviços públicos (saúde, educação, mobilidade etc.) também são responsáveis pela migração das pessoas para a zona urbana, uma vez que elas buscam sustento e melhor qualidade de vida (FONSECA et al., 2015). Esse deslocamento continua acontecendo, atualmente com menor intensidade, mas está desestruturando a organização das cidades, gerando, principalmente, problemas sociais no atendimento aos cidadãos.

Nos países em desenvolvimento, essa grande quantidade populacional centrada na zona urbana gera, conforme Gallo (2016), diversos problemas sociais, “[...] tais como lixo jogado em locais impróprios, buracos nas ruas, má conservação das calçadas, trânsito, pontos de alagamento, iluminação pública defeituosa, focos de dengue, falta de saneamento, entre outros”. O IBGE (2017) corrobora ao enfatizar que o aumento populacional desordenado nas cidades traz dificuldades na organização da mobilidade urbana, na redução de resíduos e no fluxo da logística reversa e da reciclagem. Estima-se um aumento do consumo global de energia, de emissão de gases de efeito estufa e, principalmente, o crescimento exponencial na produção de resíduos (FERREIRA, 2017; IBGE, 2017).

Ignacy Sachs, economista polonês e referência em eco-socio-economia pela realização de estudos relacionados ao desenvolvimento econômico, bem-estar social e preservação ambiental Sachs e Weber (1994), planejou, na década de 1970, um novo modelo de desenvolvimento, que fez surgir o termo ecodesenvolvimento, dando origem à expressão desenvolvimento sustentável em 1972 (BELLEN, 2005; NAREDO, 1997 *apud* ABIKO; DE MORAES, 2009). Este tem como principal objetivo conciliar o aumento da produção em todos

os setores com a preservação do ambiente, permitindo que a terra continue habitável com as condições de vida humana para atender as gerações futuras (SACHS; WEBER, 1994).

Uma Cidade Inteligente é aquela que usa tecnologias de informação e comunicação (TICs) para promover melhorias na qualidade de vida de seus cidadãos a um custo acessível, otimizando o uso sustentável dos recursos naturais disponíveis. Nesse contexto, a tecnologia deve ser entendida não como um fim, mas como um meio de incluir os cidadãos, seja como cocriadores ou como mantenedores, nos mecanismos que projetam aperfeiçoamentos na qualidade de vida da comunidade (PÉREZ-MARTÍNEZ; BALLESTÉ; SOLANAS, 2013).

A expressão *smart city*, ou cidades inteligentes, surgiu nos anos 90 com as políticas que estavam sendo criadas para nortear o planejamento urbano (DEPINÉ, 2016). No século XXI, empresas de tecnologia passaram a utilizar esse termo em *softwares* para serviços e organização das cidades (DEPINÉ, 2016). Zanella et al. (2014) propõem que uma cidade inteligente busca, utilizando recursos públicos, otimizar a administração e a qualidade da oferta dos serviços aos cidadãos. Washburn e Sindhu (2010) destacam que cidades inteligentes utilizam recursos e sistemas computacionais para planejar e informar serviços que a cidade oferece, de forma inteligente, interconectada e eficiente. Para Gallo (2016), o excesso e desorganização de informação poderia ser solucionado por um sistema que auxiliasse cidadãos na busca por pontos de interesse em cidades (GALLO, 2016).

Uma forma de modelar a estrutura desses sistemas de recomendação (SR) é utilizando ontologias computacionais, em outras palavras, ter entidades e relações compartilhadas como forma de estruturar o conhecimento na resolução de um problema (GUARINO, 2009). “A ontologia filosófica é a ciência do que é, dos tipos e estruturas de objetos, propriedades, eventos, processos e relações em todas as áreas da realidade”¹ (SMITH; WELTY, 2001).

Nesse contexto, um dos principais desafios de um usuário ao acessar a internet é identificar informações de sua preferência com relevância. Por isso que os sistemas de recomendação estão se tornando cada vez mais importante conforme destacam Kang e Choi (2011) e amplamente utilizados em comércio online, serviços entre outros. Os SR surgiram devido a necessidade de resolver o problema de sobrecarga de informação. Para atenuar esse problema, vários estudos Gao, Yan, Liu (2008), Ge et al. (2012), Kang, Choi (2011) e Zhen, Huang, Jiang (2010) vem propondo o uso de ontologias para aumentar o desempenhos dos

¹ “Philosophical ontology is the science of what is, of the kinds and structures of objects, properties, events, processes and relations in every area of reality.” (SMITH; WELTY, 2001).

sistemas de recomendação. Conforme Zikopoulos, Eaton e IBM (2011) as ontologias são consideradas um dos pilares da web semântica, pois, são utilizadas para facilitar o entendimento da estrutura da informação entre pessoas ou agentes de software, permitem a reutilização do conhecimento de domínio, separam o conhecimento de domínio do conhecimento operacional e analisam o conhecimento de domínio. Elas ajudam a estender os sistemas de recomendação, permitindo as abordagens baseadas em conhecimento serem utilizadas juntamente com algoritmos de aprendizagem de máquina (ZIKOPOULOS; EATON; IBM, 2011).

Segundo Abbar, Bouzeghoub e Lopez (2009), um sistema de recomendação eficiente é um sistema que recomende o item certo, na hora e tempo certo, pela mídia certa e isso seria inalcançável sem informações contextuais. Com utilização de técnicas da Web Semântica como ontologias é possível modelar esse contexto de forma a associá-lo aos usuários de maneira flexível e ainda se utilizar de motores de inferências e recursos disponíveis na internet. Soluções capazes de promover a interoperabilidade entre os sistemas de informação é uma tendência mundial para as organizações. Para superar a falta de interoperabilidade semântica, várias iniciativas adotaram soluções baseadas em uma ontologia formal devido à sua capacidade de representar o conhecimento melhorando a ambiguidade entre os sistemas (BITTNER; DONNELLY; WINTER, 2006; GANGEMI, 2005; FLORIDI, 2008).

Diante do exposto, este estudo tem como problema de pesquisa: **Como uma cidade inteligente pode se beneficiar por um modelo de sistema de recomendação de serviços baseado em ontologia de domínio?** Para respondê-la, tem-se como objetivo principal desenvolver um modelo de sistema de recomendação de serviços para cidades inteligentes, fundamentado em uma ontologia. Apresenta-se como objetivos específicos:

- a) preencher o modelo ontológico com dados da cidade;
- b) mapear os locais da cidade, tais como pontos turísticos e serviços disponíveis na área da saúde;
- c) desenvolver um protótipo com um *framework* que suporte a importação e a manipulação de ontologias; e
- d) desenvolver uma interface para recomendar serviços e pontos de interesse a residentes e visitantes da cidade.

Para alcançar o objetivo proposto, faz-se necessária a criação de um protótipo de recomendação, e para testar a abordagem, escolheu-se a cidade de Cotiporã, que é onde a

pesquisadora trabalha no suporte do Sistema de Informação da Prefeitura. O sistema que se tem por objetivo deste estudo, pretende buscar e recomendar informações de pontos turísticos e serviços do setor de saúde. Destaca-se que tecnologias de informação (TI) agregam valor aos setores quando colaboram na divulgação desses Pontos de Interesse (POIs) e serviços.

Busca-se avaliar o estudo de caso para a cidade de Cotiporã por meio de um protótipo de recomendação de serviços (SRS), informar aos cidadãos, adaptando aos seus interesses e perfis, POIs e serviços que a cidade oferece. Para se atingir esse objetivo, serão verificadas quais instâncias dentro da *ontologia* são relevantes para mapear uma cidade inteligente e buscar a avaliar esses recursos mapeados por esse protótipo de recomendação. Diante dessas contextualizações, entende-se que uma das formas de se modelar um sistema é com base em ontologias como uma nova organização de informações da *web*. Em escala global, essa nova estrutura do conhecimento é organizada em uma teia de dados conectados denominada *Web Semântica* (LAUFER, 2015).

Este trabalho está assim estruturado: além desta introdução, o capítulo 2 mostra a fundamentação conceitual; no capítulo 3, os trabalhos relacionados; na sequência, o capítulo 4, expõe a metodologia; o capítulo 5, o estudo de caso do sistema para a cidade de Cotiporã e no capítulo 6 a conclusão deste estudo.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo introduz os principais conceitos relacionados ao trabalho para facilitar a compreensão. Na seção 2.1 foi abordado as definições conforme aborda diversos autores o que pode transformar uma cidade em inteligente, diante dos vários problemas que são enfrentados. Na seção 2.2 ontologias, apresenta brevemente os benefícios da modelagem ontológica em uma base de conhecimento para construção de sistemas. Na seção 2.3 a web semântica, como facilitadora na organização do conhecimento de maneira compreensível na web. Na seção 2.4 dados abertos e conectados, especifica-se o que é necessário para um dado se tornar aberto e disponível para o compartilhamento e na seção 2.5 sistemas de recomendação, auxiliam na busca por informações mais precisas e relevantes.

Destaca-se na próxima seção, considerando a proposta deste estudo, o entendimento da literatura sobre o conceito de cidade inteligente e de que forma ele se apresenta como um caminho viável para que as cidades possam estar à frente dos atuais problemas e futuros desafios.

2.1. Cidades Inteligentes

O termo cidade inteligente (do inglês, *smart city*) tem um significado amplo, pois não possui apenas uma única definição, já que diversos conceitos são encontrados na literatura. Para Depiné (2016) uma cidade inteligente é aquela que une inovação tecnológica, criatividade em busca de resolução de problemas para melhorar a qualidade de vida dos seus cidadãos. Abdala e Schreiner (2014) baseados na plataforma de pesquisa *Cities in Motion Index*, relatam nove fatores que demarcam o nível de inteligência de uma cidade: “alcance internacional, capital humano, coesão social, economia, governança, meio ambiente, mobilidade e transporte, planejamento urbano e tecnologia”. Abdala e Schreiner (2014) afirmam que cidades inteligentes possuem modernas TICs, governança participativa, infraestrutura de qualidade, crescimento econômico, qualidade de vida e gestão de recursos naturais. Quinteri, Meyer e Specht (2018) participam com áreas chaves, como: economia, mobilidade, governança, meio ambiente, qualidade de vida, redução de gastos públicos e transparência. Chang (2018) transcreve que cidade inteligente e sustentável tem: economia eficiente, consumo consciente dos recursos naturais, transporte com menor taxa de emissão de gases, logística reversa para o lixo, uso consciente da água, preservação do meio ambiente, cuidados com a saúde, energia

solar, segurança pública e projetos educacionais baseados em sustentabilidade. Todas essas áreas de uma cidade podem ser denominadas de pontos de interesse. Conforme a Hawke et al. (2013) a definição de Ponto de Interesse (POI) é um local específico de interesse usado para se referir a um ponto no mapa demarcado pela latitude e longitude. Um ponto de determinado contexto pode ser por exemplo um local turístico, um local onde são oferecidos serviços, negócios, dentre outros. Pode ser definido também como as propriedades de uma posição física no mundo correspondente a uma localização de interesse.

Silveira (2019) assevera que uma cidade inteligente tem o cidadão como principal protagonista e seus gestores disponibilizam softwares e infraestrutura de qualidade para interligar essas informações e destaca que “Os cidadãos fazem uso das tecnologias, de forma a otimizar e organizar suas tarefas diárias na resolução de problemas”. Berrone et al. (2018) destacam que os cidadãos, as tecnologias e a união entre todas as esferas (pública, privada, civil e acadêmica) podem zelar por uma cidade mais organizada e que utilize os recursos financeiros e naturais de forma otimizada. Essas esferas, trabalhando conectadas em projetos e pesquisas, podem vencer o desafio estabelecido como meta, para 2030, pela Organização das Nações Unidas (ONU), que determinou entre os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que os gestores mundiais se responsabilizem em transformar as cidades em ambientes inteligentes e sustentáveis (ONU, 2015).

Assim, uma cidade inteligente pode aproveitar os benefícios da tecnologia para organizar e disponibilizar informações relevantes para o dia a dia dos cidadãos. No próximo capítulo serão apresentadas informações conceituais sobre ontologias, que são as bases de conhecimento que ressaltam as coisas do mundo afim de modelar os sistemas inteligentes e permitirem organizar a semântica entre os sistemas.

2.2. Ontologias

O termo Ontologia foi criado pelos filósofos Rudolf Goclenius e Jacob Lorhard em 1613 (ALEXANDRA; ALVARENGA; OLIVEIRA, 2004). Ele representa a existência da essência do ser no mundo e é derivado do grego: *onto* (ser) e *logos* (palavra). Ontologia é uma especificação formal, devido ao fato de a teoria do ser estar sendo utilizada para categorizar a realidade, e explícita – modelando formalmente e melhorando a ambiguidade, as entidades e as relações dos sistemas – de uma conceituação compartilhada das coisas do mundo, gerando a construção de bases de conhecimento através de novos vocabulários (GRUBER, 1993;

GUARINO, 2009; SOUZA; MARTINS; RAMALHO, 2018).

Várias áreas do saber utilizam ontologias, a Ciência da Computação (CC) é uma delas, pois trabalha baseada nos avanços computacionais e na fundamentação filosófica e adota o padrão da Ciência da Informação (CI), a qual destaca o mundo em parcelas que podem ser calculadas (SCHIESSL, 2015). Para Pickler (2007) um dos principais objetivos do uso de ontologias no âmbito da CC é a construção de bases de conhecimento interoperáveis e mais bem estruturadas. É de grande importância para a *Web Semântica* possibilitar que as máquinas interpretem melhor os dados potencializando relacionamentos semânticos mais complexos (BERNERS-LEE, 2009; BREITMAN, 2005).

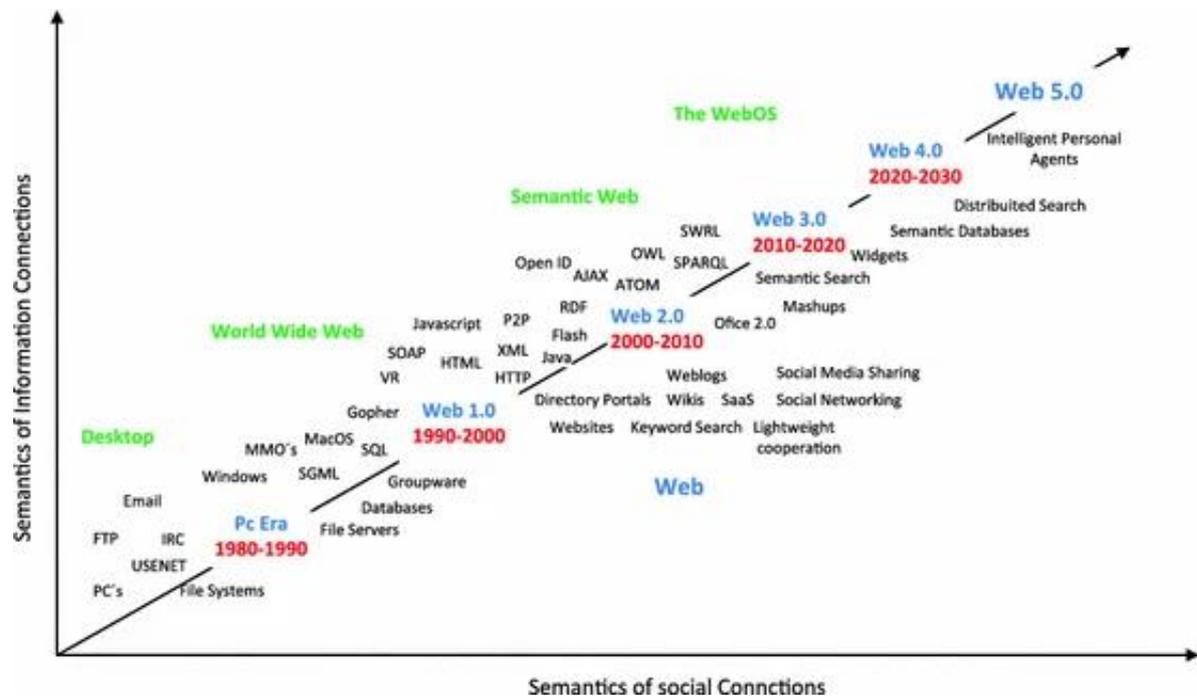
Pickler (2007) previu que no século XXI haveria cada vez mais sistemas utilizando a construção *ontológica*, como forma de melhorar a semântica. Esta está fundamentada na relação entre a linguagem e a realidade, e a ontologia é o estudo da estrutura geral da realidade, assim há vínculo entre elas.

Desenvolvida pelo World Wide Web Consortium (W3C), a *Ontology Web Language* OWL é uma linguagem da *Web Semântica* configurada para representar, mediante o significado das palavras, um conhecimento rico e complexo sobre diversos recursos e as relações entre eles, além de suportar a indução entre as bases de dados (W3C, 2015). Na próxima seção aborda-se a *Web Semântica* como uma proposta de reorganizar e padronizar a informação disponível na internet utilizando a linguagem OWL.

2.3. Web Semântica

A *Web Semântica* surgiu para potencializar o ambiente web, depois da publicação de Berners-lee, Hendler e Lassila (2001), de um artigo na revista *Scientific American* intitulado “The Semantic Web” (em português, *A Web Semântica*). Uma proposta de extensão a *Web* atual dando um melhor significado à informação, habilitando computadores e pessoas a trabalharem em cooperação. Berners-lee, Hendler, Lassila (2001) relatam, a transformação da *Web* sintática para a *Web Semântica*, permitindo que tanto agentes humanos quanto de software possam entender o seu conteúdo. Para demonstrar essa transição apresentando a figura 2.2:

Figura 2.1 - Evolução da Web - Da 'Era PC' até 'Web 5.0'



Fonte BENTO-OSORIO et al. (2013)

Kambil (2008) relata que é importante conhecer a evolução do world wide web (WWW) (em português, teia de alcance mundial) para melhor se compreender em que ponto da linha, de acordo com a figura 2.2, está a transição da rede. Atualmente essa transição está entre a web 2.0 e a web 3.0, que é o foco desta pesquisa.

A Web 2.0 (a web social) é uma plataforma de colaboração, que oferece aos usuários uma nova versão da WWW, não tanto em termos de atualização das especificações técnicas da Web, mas em termos das mudanças que os desenvolvedores de software e usuários finais faziam na forma como era usado. A Web 2.0 é qualitativamente diferente das tecnologias da Web anteriores, pois possui aplicativos da Web que facilitam o compartilhamento de informações, interoperabilidade, design centrado no usuário e colaboração (“What Is Web 2.0 - O’Reilly Media”, 2005). O final da década de 1990 os usuários começaram a criar conteúdo e valor social, através das redes sociais. Embora continue sendo um desafio ou ainda não tenha sido concluído, a era da Web 2.0 está dando lugar à Web 3.0 ou o que é conhecido como Web Semântica, pois, combina inteligência humana e artificial para fornecer informações mais relevantes, oportunas e acessíveis (ZELDMAN, 2006).

Kambil (2008) prevê a continuidade dessa evolução para a web 4.0, que será baseada na comunicação sem fio e posteriormente para a web 5.0 que interagirá com seres humanos

captando suas emoções e expressões faciais, sendo baseada nas sensações e nos sentimentos. Essas duas webs não serão contempladas neste estudo, ficando como proposta para pesquisas futuras.

A aplicação de semântica a uma informação cria uma *ontologia* composta por classes, propriedades, indivíduos, axiomas e um conjunto de regras de inferência. Porém, antes disso, compreende o estado atual da Web e verifica se é possível aplicar essa transição da *Web sintática* para *Web Semântica*, considerando os fenômenos subsequentes a essa proposta como o *Big Data*, o *Linked Data* (em português, dados vinculados), os *Data Lakes* ou possivelmente os *Data Swamp*. Isso tem envolvido a Ciência da Informação no elenco da contribuição nos sistemas de organização do conhecimento, classificação e recuperação da informação (BERNERS-LEE, 2009).

Noy e McGuinness (2001) indicam a linguagem OWL para realizar a transição da web atual para a web semântica, utilizando editores de ontologias (por exemplo: Protégé e *OntoWiki*) para modelar um sistema. Essa linguagem contribui com a conexão e a integração dos dados (BISCHOF et al., 2012; RAMALHO, 2015).

Harris (2016) aborda, uma forma de garantir decidibilidade em um sistema, que é com o uso de *Semantic Web Rule Language* (SWRL), embora existam outras abordagens como por exemplo, *Description Logic Programs* (DLP). No caso da SWRL, a estratégia adotada para inclusão das regras de inferência é colocá-las junto com os constructos da própria ontologia, tanto as definições OWL como as regras SWRL estão no mesmo arquivo, codificadas em uma mesma linguagem. As regras podem ser usadas para definir classes, propriedades da ontologia, gerar recomendação, dentre outras funcionalidades.

Santos e De Carvalho (2007) concluem que a Web Semântica é uma proposta de atribuir melhor significado a informação e otimizar as pesquisas na web, onde terá melhor compreensão tanto para pessoas como para computadores. Na próxima seção será abordado dados abertos (DA) e conectados, como forma de permitir a disponibilização, transparência e compartilhamento de informações na web.

2.4. Dados Aberto e Conectados

No ano de 2007, no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), foi criada um fórum de discussão apoiado pelo projeto *Semantic Interoperability of Metadata and Information in unLike Environments* (SIMILE), intitulado *Linked Open Data* (em português,

dados abertos conectados) onde surgiu o termo dados abertos (DA).

A Lainchbury, Open Definition (2015) e Isotani, Bittencourt (2015) definem dados abertos (DA) como dados que podem ser livremente empregados, reutilizados e redistribuídos, inspirado no conceito de código aberto (do inglês, *Open Source*) e baseado em três pilares: abertura, participação e colaboração. A abertura de dados por parte do governo permite a exploração das informações publicadas de forma livre e seguem princípios, que para qualquer dado para ser ‘aberto’, deve ser utilizado por qualquer pessoa física ou jurídica e para qualquer propósito. Open Knowledge (2015) colabora definindo o termo DA com três normas fundamentais: **disponibilidade e acesso** – os dados devem ser acessíveis para serem baixados pela *Internet* e a um custo baixo de reprodução; **reuso e redistribuição** – os termos de uso dos dados devem permitir a reutilização e redistribuição; e **participação universal** – o uso dos dados, a reutilização e a redistribuição deve ser aberto a todos. Conforme Open Knowledge, 2015, existem oito princípios de DA:

- a) completos - os dados devem estar disponíveis sem limites de controle de acesso, segurança ou privacidade;
- b) primários – como foram coletados da fonte original devem ser disponibilizados, sem agregação ou modificação;
- c) atuais - são disponibilizados conforme são criados em constante atualização;
- d) acessíveis - estar disponível a todos os usuários e suas variadas finalidades;
- e) compreensíveis por máquinas - disponibilizar de forma mais estruturada possível para o automatizado processamento.
- f) não discriminatório - sem necessitar cadastro, estar acessível a maior quantidade de pessoas;
- g) não proprietário - estar disponível sem controle exclusivo e em um formato editável; e,
- h) livre de licenças - sem conter direitos autorais, segredo industrial, patentes ou propriedade intelectual.

Attard et al. (2015) ressaltam que ainda é necessário ultrapassar barreiras para que os formatos de dados utilizados pelos órgãos públicos possam ser disponibilizados totalmente. Entre os formatos de dados se inclui: imagens; arquivos *Portable Document Format* (PDF); *Comma Separated Values* (CSV); planilhas eletrônicas; arquivos *eXtensible Markup Language*

(XML); e, arquivos de banco de dados estruturados. Este é um obstáculo técnico, tanto para os provedores quanto para os consumidores de dados, e dificulta a sociedade de perceber a transparência nos dados. Para concluir esta seção, apresenta-se, na sequência, o entendimento quanto aos Sistemas de Recomendação, ao qual baseado nas preferências dos usuários, aborda técnicas computacionais utilizadas para recomendar interesses a eles.

2.5. Sistemas de Recomendação

Ricci et al. (2011) chamam a atenção para a crescente exposição a diferentes tipos de informações, sendo fundamental auxiliar as pessoas a encontrarem o que procuram. Nesse contexto, na década de 1990, foram criados os Sistemas de Recomendação (SR). Eles preveem a preferência do usuário com base nos dados de interação e nos seus interesses (JR, 2010; RICCI et al., 2011; TAKAHASHI, 2015). Essas recomendações podem ser: livros, músicas, vídeos, filmes, serviços, entre outros (TAKAHASHI, 2015).

Mais tarde, Eric Schmidt, *Chief Executive Officer* (CEO) da Google, evidenciou que esses métodos estavam sendo utilizados em diversos serviços online, tais como: motores de busca, redes sociais, plataformas de *streaming* de mídia, entre outros (JR, 2010). Os SRs têm como benefício a diminuição do excesso de informação disponibilizado ao usuário, fazendo com que este permaneça mais tempo interagindo com o sistema, que o guia de forma atrativa e personalizada a objetos interessantes e úteis frente a uma gama de opções, aumentando a receita de fornecedores, fidelizando clientes e apoiando a tomada de decisão (CAZELLA, 2010; DE BARROS; SILVEIRA; PERTILE, 2016; JANNACH; ADOMAVICIUS, 2016; ROZENDO, 2017; TAKAHASHI, 2015). Além disso, aumentam a capacidade e a eficácia do processo de indicação, muito utilizado nas relações sociais (RESNICK; VARIAN, 1997).

Como explica Rozendo (2017), um SR analisa o histórico de preferências de todos os usuários do sistema e/ou o conjunto de características dos itens, para, então, determinar quais serão possivelmente apreciados, e estes são os recomendados. As técnicas mais conhecidas de recomendação são: filtragem baseada em conteúdo (FBC) que utiliza esse histórico de perfil de preferências; filtragem colaborativa (FC), que compartilha as avaliações de interesses; e um híbrido dessas duas técnicas (RICCI et al., 2011; CAZELLA, 2010).

A FBC se baseia na seleção de dados históricos das preferências do usuário. Contudo, se o usuário nunca acessou o sistema, não haverá esse histórico, pois ele não terá feito nenhuma indicação de seus interesses. O sistema constrói o perfil fundamentado nas escolhas de objetos

e/ou serviços de maior relevância para o usuário e compara a similaridade dos interesses para gerar as recomendações. Por exemplo: se o usuário selecionou alguns estilos musicais, o sistema aprende a recomendar outras músicas baseadas nesses estilos (DE BARROS; SILVEIRA; PERTILE, 2016; LUNARDI; MACHADO; OLIVEIRA, 2019; NASCIMENTO, 2011; OLIVEIRA, 2014). De Barros, Silveira e Pertile (2016) referem que uma das principais vantagens da FBC é que ela não precisa que um item seja avaliado para gerar a recomendação, ou seja, todos os itens podem ser recomendados, pois dependem apenas do perfil histórico do usuário. Como desvantagem, a FBC deixa o usuário limitado aos itens relacionados ao seu perfil e encontra problemas ao recomendar imagens, vídeos e áudios, por ser difícil extrair os seus atributos relevantes (DE BARROS; SILVEIRA; PERTILE, 2016).

No sistema baseado em FC, a avaliação de interesses compartilhados gera recomendação ao usuário a partir de gostos semelhantes de outros perfis. Desse modo, um usuário ao buscar livros em um sistema, recebe recomendações dos livros já anteriormente consultados ou adquiridos por outras pessoas com gostos semelhantes (LUNARDI; MACHADO; OLIVEIRA, 2019). Uma das vantagens da técnica de FC é que possui um modelo conceitual de operação de fácil entendimento, possibilitando analisar itens a serem recomendados sem se preocupar com o seu conteúdo, com foco nas avaliações desses itens. Essa técnica tem a chance de recomendar objetos ou serviços que não estavam sendo pesquisados de forma ativa (REATEGUI; CAZELLA, 2005). Porém como desvantagem se o item for recentemente cadastrado no sistema, não haverá uma forma de calcular precisamente a similaridade entre os demais perfis de usuários, portanto, não será recomendado até que seja avaliado por uma quantidade suficiente de pessoas (DE BARROS; SILVEIRA; PERTILE, 2016).

A filtragem híbrida (FH) combina tanto as estratégias de recomendação FBC quanto em FC. Visando criar um sistema que possa atender às necessidades do usuário, procurando eliminar as desvantagens de cada técnica. Os sistemas baseados na técnica FC possuem problemas ao recomendar produtos novos, que nunca foram classificados, porém a FBC encontra dificuldade ao recomendar baseado no histórico do perfil de um usuário novo. Uma técnica auxilia a outra, pois, um sistema FBC para iniciar as recomendações apresenta algumas opções para o usuário selecionar criando um perfil de interesses que compartilha utilizando a FC através de seus interesses com os demais usuários conectados no sistema. Ao ser cadastrado no sistema um objeto ou serviço novo automaticamente na junção dessas duas técnicas ele será classificado no perfil do usuário que acessar tendo como preferência termos relacionados aos

atributos e as palavras chaves de classificação encontradas na especificação dos itens (DE BARROS; SILVEIRA; PERTILE, 2016; LUNARDI; MACHADO; OLIVEIRA, 2019).

Na caracterização dos sistemas de recomendação é fundamental entender as metodologias para avaliação dos sistemas. Uma forma eficaz para isso é por meio da comparação das predições realizadas com as respectivas avaliações reais de usuários para as instâncias preditas, a qual era considerada custosa e difícil antes do surgimento das grandes empresas de comércio eletrônico, que possuem grandes bases de dados com milhares de usuários e itens. Desta forma, com a supressão de uma determinada avaliação já feita, o SR é utilizado para fazer uma determinada predição e, então, esta é comparada com a avaliação real (MEDEIROS MACHADO; PALAZZO MOREIRA DE OLIVEIRA, 2014).

De acordo com Ricci et al. (2011), a obtenção de métricas para verificar o desempenho de um SR, antes de uma ampla utilização comercial, é fundamental para investigar se as previsões realizadas serão adequadas para o propósito em questão. São quatro as principais métricas utilizadas na literatura para a avaliação de sistemas de recomendação:

- a) Precisão (*Precision*): indica a quantidade de itens recomendados que são do interesse do usuário em relação ao conjunto de todos que lhe são sugeridos;
- b) Recuperação (*Recall*): demonstra a quantidade de itens de interesse do usuário que aparecem na lista de recomendações; e
- c) Cobertura (*Coverage*): a proporção de itens que possivelmente podem ser indicados em relação ao conjunto completo.

Um dos grandes desafios desses SRs é realizar a combinação adequada entre as expectativas dos usuários, produtos, serviços e pessoas a serem indicados, bem como definir e descobrir esse relacionamento de interesses (CAZELLA, 2010). Ricci et al. (2011), destaca dentre todas as técnicas, a FC como a mais conhecida e implementada pelos SR tradicionais.

Além das técnicas mencionadas, existe também uma técnica chamada recomendação baseado em conhecimento (em inglês, knowledge-based), que realiza recomendação baseando-se em inferências sobre as necessidades e preferências dos usuários (BURKE, 2002).

O que distingue um SR baseado em conhecimento dos demais é que o sistema sabe de que forma um item satisfaz uma necessidade de um usuário e consegue raciocinar sobre a relação entre a necessidade do usuário e a recomendação (BURKE, 2002).

Os sistemas de recomendação baseados em conhecimento buscam amenizar problemas

existentes em sistemas de recomendação tradicionais através da utilização de semântica na indexação e nos relacionamentos, na catalogação e classificação no momento da modelagem do sistema. Mesmo quando integram técnicas diversas, os sistemas de recomendação possuem limitações como no caso da abordagem de filtragem híbrida por exemplo que partem de recomendações a usuários que nunca acessaram antes o sistema ao qual o sistema não coletou informações suficientes para gerar recomendação. Pode ocorrer também superespecialização quando o sistema tem tendência de recomendar sempre os mesmos grupos de informações (CODINA; CECCARONI, 2010).

2.6. Considerações Finais

O desenvolvimento de um modelo ontológico para recomendar pontos de interesse e serviços a pessoa, mostrou-se uma tarefa desafiadora neste trabalho. Através da fundamentação conceitual podemos realizar uma análise dos principais conceitos necessários para o desenvolvimento deste sistema. Os problemas de sobrecarga de informação de uma cidade, pode ser resolvido com uma gestão de informação e recomendações com maior relevância. A padronização dos termos utilizados em uma modelagem de sistemas pode contribuir para melhorar a semântica no processo de recomendação baseada em conhecimento amenizando problemas dos sistemas tradicionais de recomendação, possibilitando melhorar o relacionamento entre as informações, inferências e indexação das recomendações.

No próximo capítulo serão apresentados trabalhos relacionados a sistemas de recomendação aplicados a cidades inteligentes e pontos de interesse turísticos.

3. TRABALHOS RELACIONADOS

São encontrados diversos estudos relacionados na literatura sobre SR para cidades inteligentes. Devido à grande quantidade de dados que esta gera e necessita para administrar seus serviços, várias investigações estão sendo desenvolvidas nas mais variadas áreas do conhecimento. Pesquisas recentes propõem a criação de ontologias para sistemas compostos de grandes quantidades de dados e fornecem uma melhor semântica na organização dessas informações (YAVARI; JAYARAMAN; GEORGAKOPOULOS, 2016).

Para este estudo foi realizado um filtro no Google Acadêmico para obter os artigos descritos neste capítulo, os artigos selecionados foram entre os anos 2016 a 2020. Foram selecionados artigos para esta pesquisa com a maior quantidade de citações e os mais recentes. As palavras chaves utilizadas foram: na primeira busca *serviços de recomendação cidades inteligentes* com 25.600 resultados aproximados em qualquer idioma e na segunda busca *ontologia de recomendação de pontos de interesse em turismo* com 16.000 resultados aproximados em qualquer idioma. Foram selecionados artigos que demonstraram ser significativos na contribuição deste trabalho.

3.1. Serviços de recomendação para cidades inteligentes

Encontrou-se diversos estudos que tratam da temática desta pesquisa e a ela relacionados. Inicialmente, destaca-se o de Chang (2018), que aponta a necessidade de identificar a cidade, seus recursos do conhecimento disponíveis e utilizá-los estrategicamente, abrindo espaços para a aplicação criativa desses recursos, conforme a liderança da administração pública. A visão do sistema para organizar as funções e processos urbanos precisa ser aplicada para substituir o modelo burocrata cartesiano de gestão pública que fragmenta a cidade em setores isolados. O elemento central para integrar a gestão é o conhecimento; e uma potencial abordagem integrada para a gestão do conhecimento, aplicada a cidades, é o desenvolvimento urbano baseado no conhecimento.

O referido estudo aborda que, de modo isolado, o poder público não é capaz de lidar com as demandas atuais e as necessidades futuras dos cidadãos, indicando a necessidade de novas formas de atuar para tornar viável o projeto urbano. Entre esses novos arranjos, a governança urbana pode criar mecanismos mais eficientes, com a criação de conselhos executivos e agências de desenvolvimento mais ágeis e que consigam ser mais efetivas na

consecução dos objetivos da cidade. São essenciais alianças e parcerias com o setor privado, academias e organizações da sociedade civil, assim como as partes e as vozes da cidade precisam ser ouvidas em grupos espontâneos, como coletivos urbanos, redes temáticas, associações de moradores, entre outros (CHANG, 2018).

Lunardi, Machado e Oliveira (2019) destacam, em sua pesquisa, o emprego de SR em praticamente todos os serviços *on-line*, quando se considera o domínio de cidades inteligentes, justificando que isso faz com que ocorra interação entre os indivíduos. Segundo os autores, como solução para os usuários não caírem em uma ‘bolha de filtro’, que limita suas experiências, surge a diversificação de recomendação, que implica em um problema de como balancear a acurácia e a diversidade, uma vez que o aumento desta diminui essa e vice-versa.

Assim, são identificadas duas linhas de abordagem: a primeira é baseada em pós-filtragem, quando a diversificação é feita somente depois da geração da recomendação, logo, se o conjunto de itens candidatos não for suficientemente diversificado poderá gerar um resultado sub ótimo; a segunda destaca a modificação de algoritmos de recomendação para produzirem, como saída final, uma indicação diversificada, visando aperfeiçoá-los, sugerindo que a classificação por relevância pode produzir resultados que não apresentam a melhor qualidade possível (LUNARDI; MACHADO; OLIVEIRA, 2019).

Com base no trabalho acima descrito e combinando as possibilidades de cada uma das linhas de abordagem, tencionando elevar a diversidade e reduzir as perdas, os autores propuseram uma abordagem híbrida para a diversificação de recomendação. Para eles, essa contribuirá para amenizar o efeito de ‘bolha de filtro’, contribuindo para melhor experiência do usuário e possibilitando interagir com diferentes opiniões e pontos de vista.

Outro estudo referente é de Osman (2019), que descreve o surgimento de cidades inteligentes com a finalidade de diminuir os desafios devido ao desenvolvimento contínuo da urbanização e ao aumento da densidade populacional nas cidades. Para enfrentá-los, governos e tomadores de decisão desenvolvem projetos de cidades inteligentes, tencionando o crescimento econômico sustentável e uma melhor qualidade de vida para habitantes e visitantes, destacando a TIC como capacitadora essencial para a conscientização de todos.

Osman (2019), em sua pesquisa, apresenta uma nova estrutura de análise de *Big Data* para cidades inteligentes chamada ‘Painel de análise de dados de cidades inteligentes (SCDAP)’. A proposta apresenta novas funcionalidades às estruturas de análise de *Big Data* representadas no controle e na reunião de modelos de dados. O valor dela é discutido em comparação com as abordagens tradicionais de descoberta de conhecimento, além de

discussões que incluem as características essenciais das estruturas de análise de *Big Data* e atendem aos requisitos das cidades inteligentes (OSMAN, 2019).

O mesmo estudo refere que mecanismos e aplicativos de TIC produzem *Big Data*, isto é, grandes volumes de dados, indicando que, nos sistemas de informação, retirar percepções e correlações ocultas é uma tendência crescente para fornecer melhores serviços aos cidadãos e apoiar os processos de tomada de decisão. Porém, para o desenvolvimento de serviços que resultam de informações inteligentes no nível da cidade, as informações devem ser valiosas, tendo em vista que os conjuntos de dados gerados de seus vários domínios precisam ser integrados e analisados. Esse processo, geralmente, é chamado de análise de *Big Data* ou cadeia de valor de *Big Data*, e é aproveitado em aplicativos da primeira, no geral; e na área de cidades inteligentes, em particular (OSMAN, 2019).

Outra pesquisa que se aproxima deste estudo é a realizada por Soomro et al. (2019), por apontar o crescente papel das TICs na ativação e no suporte de cidades inteligentes, bem como o aumento da demanda por soluções de análise de *Big Data*. O estudo aplica várias soluções baseadas em inteligência artificial (IA), mineração de dados, aprendizado de máquina e análise estatística, destacando o sucesso em domínios temáticos como ciência climática, gerenciamento de energia, transporte, gerenciamento da qualidade do ar e análise de padrões climáticos. A proposta apresenta um modelo de classificação que estuda quatro aspectos da pesquisa, incluindo: modelos de dados e de computação, aspectos de segurança e privacidade e os principais fatores de mercado no domínio das cidades inteligentes (SOOMRO et al., 2019).

Um estudo fundamental relacionado é o de Yassine et al. (2019), que destaca o aplicativo IoT em tempo real permitindo que os fabricantes analisem dados continuamente, determinando ou prevendo um cronograma de manutenção do dispositivo ou identificando o equipamento com defeito, pois esse aplicativo revela as vantagens de analisar dados domésticos inteligentes. Apesar desses dados apresentarem valiosas oportunidades para entender a dinâmica e o comportamento das casas inteligentes e seus ocupantes, igualmente representa um enorme desafio quanto aos dados, seu gerenciamento, armazenamento e análise. Para garantir que os usuários utilizem os dados ofertados, eles precisam de sistemas capazes de gerenciar, analisar e transformar essa quantidade de informações em aplicativos de cidades inteligentes, compreendendo as aplicações que exigem ações rápidas e condições exatas.

O estudo de Yassine et al. (2019) apresenta como principais contribuições: proposta de uma plataforma para análise de *Big Data* de IoT em casa inteligente com neblina e computação em nuvem. O *design* do sistema permite o processamento de múltiplos dados de IoT domésticas

e inteligentes em nós distribuídos, e algoritmos de mineração de dados cognitivos que fornecem informações processadas, com abordagem significativa para muitas aplicações. Organiza o acesso a informações para economias de escala funcionais e oportunas, em que as operações domésticas inteligentes podem ser implantadas de maneira econômica e usadas, fornecendo requisitos detalhados e análise de componentes de *design* da arquitetura de plataforma.

São discutidos os requisitos de escalabilidade em relação ao processamento de vários fluxos de dados da IoT de residências e os aspectos de *design*, para minimizar as despesas gerais de comunicação entre os nós de neblina e os sistemas em nuvem. Além disso, são discutidos o *design* de mecanismos para destinação de tarefas, o gerenciamento de IoT, os serviços de integração e autenticação de admissão de residências inteligentes e os aplicativos de terceiros (YASSINE et al., 2019).

Como descrito no estudo, esses sistemas precisam estar de acordo com as necessidades de forma a possibilitarem a manipulação de uma porção crescente de trabalho, ou devem estar preparados para crescer à medida que aumenta o volume de dados e a compreensão de pequenos detalhes incluídos nas informações, possibilitando o entendimento claro e temporal da tomada de decisão, seja ela *on-line* ou em tempo real. Os entrelaçamentos de dados inseridos por meio de computação em nevoeiro são eficientes em recursos porque estão equipados com tecnologias de máquinas virtuais capazes de processar continuamente novos fluxos de dados IoT, transferi-los para a nuvem, organizando-os. Assim, Yassine et al. (2019) expõem que a computação em nuvem oferece benefícios como: Infraestrutura como Serviço (IaaS), que fornece acesso a espaço de armazenamento ilimitado; Plataforma como Serviço (PaaS), que tem potencial para executar aplicativos que consomem muitos recursos; e *Software* como Serviço (SaaS), o qual facilita o acesso a mercadorias e Serviços Públicos, armazenando um grande volume de dados para acesso. A computação, para apoiar o processamento de *Big Data* com respostas quase em tempo real no nevoeiro, processa e armazena dados na borda da nuvem do sistema, além de desempenhar papel observador no ecossistema de IoT (YASSINE et al., 2019).

Cunha (2019) salienta a questão da identidade, indicando que existem inúmeras possibilidades de aplicações e uso do termo Cidades Inteligentes nas mais diversas áreas: arquitetura, engenharia, tecnologia, saúde, economia, ciências sociais e ambientais. Em alguns estudos os processos de criação e de aplicação do conhecimento são determinantes para implantar as mudanças exigidas pela economia do conhecimento e ter capacidade de detecção, extraindo informações dos sensores do sistema, comunicando-se com sua Unidade de Comando e Controle (CCU) ou com sistemas externos. Normalmente, os sensores coletam informações

sobre o estado do sistema, que são transmitidos para a CCU para processamento e interpretação, tomam decisões e transmitem aos atuadores, que executam as decisões com monitoramento e diferentes ações relacionadas à repetição.

A ideia essencial de um sistema inteligente é que ele reduz o envolvimento humano e torna o sistema auto operacional, indicando que um sistema inteligente deve possuir recursos, além de outras capacidades avançadas ou de ordem superior. Estes incluem: previsibilidade, cura e evitabilidade. A previsibilidade é o nível avançado de detecção e processamento básicos, que se referem à precisão com que um sistema pode prever um problema ou cenário em potencial. A cura é o nível avançado de controle, que verifica o quanto um sistema pode corrigir problemas potenciais para ter recuperação completa sem qualquer intervenção humana. A evitabilidade é a combinação de previsibilidade e cura, é o último nível de inteligência, o que torna um sistema capaz de prevenir possíveis falhas, prevendo e tomando as medidas preventivas apropriadas (CUNHA, 2019).

Para medir e monitorar as condições externas, dispositivos inteligentes estão localizados em toda a cidade, como medidores inteligentes podem calcular o consumo de eletricidade, gás e água com grande precisão, assim como sensores de tráfego inteligentes podem relatar as condições da estrada e o congestionamento. Os sistemas de GPS inteligentes podem identificar os locais exatos dos ônibus da cidade ou o paradeiro das equipes de emergência; as estações meteorológicas automatizadas podem relatar condições; e os dispositivos móveis transportados por muitos moradores da cidade também são sensores que podem – quando especificamente autorizados por seus usuários – coletar sua posição e velocidade, já que se agrupam em diferentes momentos do dia e com as condições ambientais ao seu redor. Uma cidade inteligente será autoconsciente e se conectará com seus cidadãos, indicando que não será preciso mais perguntar se uma rua está congestionada, já que a rua relatará sua condição, nem se está ocorrendo perda de água para vazamentos, pois a rede de água inteligente detectará e avisará sobre possíveis vazamentos assim que eles ocorrerem. Depois de coletar os dados, é necessário enviá-los, já que as cidades inteligentes combinam uma variedade de vias de comunicação, com e sem fio, de fibra óptica a celular e a cabo, ou seja, há conectividade em todos os lugares, a todas as pessoas e dispositivos (CUNHA, 2019).

Sansonetti (2019) propõe um sistema de pontos de interesse (POIs), recomendador personalizado localizado próximo à posição atual do usuário, que faz uso da representação por Level Of Development (LOD). O perfil do usuário de destino é construído e atualizado usando duas fontes diferentes de *feedback*: o primeiro é obtido analisando sua atividade em mídias

sociais (ou seja, *Facebook, Twitter, Linkdin, entre outros*); e o segundo é alcançado convidando o usuário a expressar seus interesses e preferências como classificações de uma amostra de imagens selecionadas, que representam categorias específicas de POIs. Testes experimentais, realizados com usuários reais, permitiram verificar o bom desempenho, em termos de precisão percebida e ganho cumulativo, com desconto normalizado.

Sansonetti (2019) propôs uma recomendação personalizada de pontos de interesse baseados em DA sociais e vinculados a alguns sistemas na literatura de pesquisa. Quanto à recomendação de POI, muitos serviços úteis e sistemas eficientes já existem e fornecem uma dupla contribuição. Para caracterizar melhor os interesses do usuário, objetivo da proposta, primeiro é preciso considerar um modelo de preferência baseado não apenas em *check-ins*, mas também em comentários sobre locais, processados através de técnicas de análise de sentimentos baseadas em texto. A partir disso, Sansonetti et al. (2017) propõem uma abordagem de fatoração matricial (denominada fatoração de matriz social baseada em fatores, LBSMF) aprimorada para incluir os efeitos da influência social e da similaridade do local no algoritmo de recomendação de localização.

Feltoni Gurini et al. (2018) destacam que a abordagem de fatoração matricial é mais estendida por considerar as atitudes semânticas: sentimento, volume e objetividade extraídos de conteúdo gerado. Alterações temporais potenciais dos usuários e suas atitudes são similarmente levados em consideração no modelo. O sistema de pesquisa de localização aprimorada de sentimentos (SEAL) é um conhecimento de preferência refinado que explora as informações no conteúdo gerado pelos usuários nos Serviço de Rede Social Baseado em Localização (LBSNs). Esse sistema recorre a uma técnica de fatoração que consideram as preferências do usuário positivas e negativas no processo de classificação de localização personalizada (SANSONETTI, 2019).

Sansonetti (2019) relata que existe uma atividade temporal espacial preferencial (STAP) para resolver o problema da alta estimativa e compactação dos dados a serem manuseados. O modelo considera os aspectos espaciais e temporais das atividades dos usuários, separadamente, e emprega técnicas de fatoração para extrair suas preferências de *check-ins*. As experiências realizadas em dados reais de dois LBSNs populares permitiram que o autor pudesse mostrar um melhor desempenho de seu modelo, comparado a outros estados da arte.

O SR proposto em Sansonetti et al. (2017) é capaz de considerar como os interesses do usuário evoluem com o tempo. A ideia básica subjacente a essa abordagem, denominada sinais, é modelar o interesse de cada usuário em potencial como um sinal. Quanto às tecnologias LOD,

os autores encontraram várias que são utilizadas não apenas em sistemas experimentais, projetados com o objetivo de explorar o potencial da *Web Semântica*, mas também em aplicações práticas. Atualmente, é preciso, para identificar três tipos de aplicativos baseados em LOD: navegadores, mecanismos de pesquisa e aplicativos específicos, sendo este necessário, particularmente nos Really Simple Syndication (RSs), que é uma forma simplificada de apresentar o conteúdo de um site e levam vantagem de LOD. Muitos exemplos de RSs são apresentados na literatura, mas aqueles que integram técnicas semânticas com dados abertos vinculados ainda são minoria. O que motiva essa cautela em relação ao LOD é provavelmente dada por suas características: se para alguns domínios de interesse existem conjuntos de dados atualizados e avançados, o mesmo não pode ser reivindicado para outros. É provável que esse fenômeno diminua gradualmente, pois a nuvem LOD está em constante expansão (SANSONETTI et al., 2017).

Com base nessa teoria, o banco de dados Resource Description Framework (RDF) é representado como uma matriz tridimensional em que cada seção se refere a uma propriedade da ontologia e representa sua matriz de adjacência. Um elemento da matriz possui um valor não nulo se houver uma propriedade que relaciona o assunto (linha) ao objeto (coluna). Assim, fixando a primeira dimensão (o valor de um predicado), é possível avaliar a semelhança entre duas entidades comparando os vetores únicos da matriz, por meio de métricas. Os autores modelam o perfil de usuário através das entidades que ela gostava no passado para encontrar os candidatos mais semelhantes e sugerir a ela (SANSONETTI et al., 2017).

Conforme Sansonetti (2019), é relevante utilizar uma alternativa técnica de modelagem de usuário e sua integração com o LOD para extrair conteúdo relevante durante uma visita ao museu, que é um ponto-chave, verificando interesses e as características do usuário, definindo com base no Points of Interest (POI), conjuntos de *tags* enriquecidos pelo LOD. Medindo a distância semântica entre as *tags* do perfil do usuário e etiquetas dos POIs disponíveis, é possível determinar a melhor sugestão. A apresentação dos POIs recomendados é adaptada à personalidade inferida, ao observar seu itinerário durante a visita e, aos visitantes menos interessados, são sugeridos POIs mais interativos para aumentar seu envolvimento. Mais visitantes curiosos são orientados para POIs, que exigem o debruçar sobre documentos ou outras formas de mídia. No entanto, o desenvolvimento desse tipo de sistema tem desafios na fase de coleta de dados como por exemplo a escassez de dados.

Para Sansonetti (2019), esse sistema inclui duas camadas adicionais: uma interface com dados para extrair LOD de pontos de extremidade externos, e um serviço de integração para

convertê-los em um sistema homogêneo, ambos formatados e combinados com dados. Em um segundo plano, o sistema representa uma matriz tradicional de itens do usuário, que permite a aplicação dos algoritmos colaborativos clássicos. Ainda, é possível propor novos itens ou oferecer sugestões para um novo usuário, mesmo sem informações sobre os RSs e suas características, suprindo essa falta de conhecimento por meio de LOD disponível na organização. A base ontológica admite que o sistema identifique as relações entre conceitos individuais, graças a proposições semânticas bem definidas. Portanto, múltiplos valores de similaridade espalhados por vários subconjuntos de interesses são determinados entre dois usuários, ao permitir que conjuntos reais centrados em categorias de objetos sejam definidos.

Sansonetti (2019) apresenta um sistema que combina abordagens colaborativas e baseadas em conteúdo com técnicas fundamentadas em dados abertos sociais e vinculados. Mediante abordagens da *Web Semântica*, as informações extraídas do *Facebook* são convertidas em uma estruturada e padronizada forma, que permite seu uso em sinergia com o LOD dentro de um recomendador de locais de patrimônio cultural. Postos comerciais são examinados para determinar as entidades relevantes, e a informação extraída é representada como um gráfico de conceitos ligados pelas relações semânticas. O estudo explora informações a respeito do gráfico social do usuário por dar mais relevância aos POIs visitados por seus amigos no processo de recomendação. Todos os estudos relatados foram testados e avaliados por métricas clássicas neste campo de pesquisa, mostrando não apenas que o uso de LOD para o desenvolvimento RSs é possível, mas que ele permite que se tenha um desempenho comparável ao desempenho comercial do atual sistema (SANSONETTI, 2019).

Nas palavras de Sansonetti (2019), os principais módulos do sistema, as técnicas empregadas, e os algoritmos implementados para sua realização são delineados e a interface gráfica é mostrada como as modalidades em que o usuário pode interagir com o sistema. A arquitetura deste pode ser dividida em quatro principais módulos: extração de perfil de usuário; extração de pontos de interesse (POI) do LOD; processo de recomendação; e apresentação e avaliação de resultados.

Para atingir o usuário, é necessário levar em conta duas fontes diferentes de *feedback*: sua atividade nas mídias sociais e seus cliques em uma amostra de imagens que representem categorias específicas de POIs (SANSONETTI, 2019). Sansonetti (2019) descreve que cada categoria é representada por mais de uma imagem escolhida, para apresentá-los em ordem eventual e sem rótulos visíveis. Dessa forma, a escolha do usuário depende, exclusivamente, do sentimento lembrado pela imagem. No final da seleção, o sistema gera um condutor de

preferências em que cada elemento representa o número de imagens selecionadas para uma categoria específica.

Achichi et al. (2016) propõem uma abordagem de classificação chave de RDF que tenta fechar a lacuna entre a descoberta automática de chaves e os dados de abordagens de vinculação e, portanto, reduz o esforço do usuário em vincular configurações. De fato, a configuração dessa ferramenta é um processo trabalhoso, no qual o usuário precisa selecionar manualmente as propriedades a serem comparadas, o que supõe um conhecimento profundo dos dados. Como as chaves são extraídas de cada conjunto de dados independentemente, sua eficácia na tarefa de correspondência, envolvendo dois conjuntos de dados, está comprometida.

A abordagem proposta por Achichi et al. (2016) sugere desbloquear o potencial das principais técnicas de descoberta e ferramentas de vinculação de dados, fornecendo ao usuário um número limitado de chaves mescladas e classificadas, adequado para uma tarefa de correspondência específica. Além disso, as propriedades de um pequeno número de chaves com a melhor classificação são exploradas, mostrando que seu uso combinado melhora significativamente o *recall*², indicando que há referências de dados da *Ontology Alignment Evaluation Initiative* e dados de referência (ACHICHI et al., 2016).

Achichi et al. (2016) analisam o processo de vinculação de dados de uma perspectiva global. A maioria das ferramentas de vinculação existentes implementa um processo que consiste em três etapas: configuração e pré-processamento; correspondência de instância; e pós-processamento em processamento. O primeiro passo visa, por um lado, reduzir o espaço de busca, identificando conjuntos de candidatos com vínculos e propriedades-chave para comparar e, por outro, modelar manualmente instâncias usando uma representação adequada que seja comparável a técnicas de indexação, tradução automática, entre outras. O segundo passo busca decidir se um par de instâncias são equivalentes ou não, baseando-se, principalmente, na semelhança dos valores das propriedades, avaliados por medidas de similaridade e definidos na primeira etapa.

A saída da segunda etapa é um conjunto de instâncias correspondentes, também conhecido como conjunto de *links*. Finalmente, o terceiro passo permite filtrar correspondências

² *Recall* é um termo em inglês, que significa tanto precisão quanto sensibilidade sobre as bases para o estudo e compreensão da medida de relevância.

incorretas ou inferir novas, com base no conjunto de *links* fornecidos na segunda etapa. A etapa de configuração do fluxo de trabalho de vinculação contém duas subetapas importantes: a escolha de propriedades (ou chaves) nos dois conjuntos de dados, com valores que precisam ser comparados; e a escolha de medidas de similaridade para aplicação e sua afinação (ACHICHI et al., 2016).

A maioria das ferramentas de vinculação disponíveis no mercado produz um conjunto de *links* RDF de declarações *owl: sameAs*, que relacionam recursos equivalentes e o processo de vinculação, comumente semiautomático. Como mencionado, o usuário deve configurar o manual aliando vários parâmetros de entrada, como os tipos de instâncias para comparar (com certas exceções, onde técnicas de correspondência de ontologia são aplicadas para identificar automaticamente as classes equivalentes), as propriedades (ou propriedades cadeias) a seguir, já que grande parte das ferramentas de vinculação adota uma descoberta de *link* baseada em propriedade filosofia, a(s) medida(s) de similaridade e limites a serem aplicados nos literais e possivelmente uma função de agregação para várias medidas. A maior parte das abordagens existentes é concebida como método de vinculação de uso geral e é projetada para lidar com dados RDF (ACHICHI et al., 2016).

O método proposto permite reduzir o esforço do usuário na seleção de chaves usadas como parâmetro de uma ferramenta de vinculação de dados, como SILK ou LIMES. Foram examinadas as propriedades de complementaridade de um pequeno conjunto de chaves bem classificadas e seu uso combinado melhorou o *recall*. Os conceitos foram definidos com experimentos sobre dados da campanha da OAEI e sobre o mundo real, dados do campo da catalogação de música clássica (ACHICHI et al., 2016).

O questionamento proposto no estudo de Babli, Onaindia e Marzal (2019) baseia-se na riqueza e expressividade de representações ontológicas padrão, medidas semânticas e alinhamento de ontologias para acomodar os novos objetos adquiridos na especificação da tarefa de planejamento. Na sequência, esses novos objetos podem conduzir à formulação de uma finalidade que leva a um plano com melhor valor e assim usar o ConceptNet como um meio padrão para descrever as classes das **ontologias**.

O contexto e a sua conscientização são essenciais para qualquer agente inteligente que atua de maneira dinâmica no meio ambiente, sendo necessários modelos de contextos adequados e abordagens de raciocínio para desenvolver um serviço de planejamento de inteligência ambiental sensível a ele, ou seja, uma ferramenta independente de domínio. A abordagem que pode ser considerada como um modelo de contexto é um primeiro passo para

um ambiente consciente da conjuntura e do serviço de planejamento inteligente, além de reforçar um agente autônomo com a capacidade de ampliar sua tarefa de planejamento para acomodar novas informações em tempo real. Isso, por sua vez, pode estimular a formulação de novas metas e produzir novos planos para alcançar os novos objetivos e metas, além do conjunto original (BABLI; ONAINDIA; MARZAL, 2019).

Considera-se importante referir o estudo de Bukhari e Malik (2018), uma vez que eles descrevem que oferecem um novo potencial pelos serviços analíticos aos cidadãos e tomadores de decisão urbanos, devido à quantidade de *Big Data* gerados até hoje, em virtude dos avanços tecnológicos ocorridos durante a década passada, além do aumento crescente de fontes de dados valiosas, melhorias na *Internet*, criação de tecnologias *Things and Big Data*, bem como a disponibilidade de uma ampla variedade dos algoritmos de aprendizado de máquina. Além disso, pelo volume, variedade e velocidade de *Big Data*, as empresas enfrentam heterogeneidade, diversidade e desafios de complexidade. No entanto, a era do *Big Data* apresenta grandes oportunidades, resolvendo os desafios associados e transformando a maneira tradicional de tomar decisões. Diante disso, empreendimentos com o conhecimento técnico do gerenciamento de *Big Data* estão substituindo as teorias e os processos de tomada de decisão, baseados em modelagem de dados, fundamentados a fatos oriundos de grandes volumes de dados.

3.2. Recomendação pela Ontologia de POI em Turismo

Quanto à recomendação ontológica relacionada ao turismo, Stoyanova-Doycheva et al. (2020) relatam que um guia turístico pessoal é apresentado, capaz de gerar rotas culturais, as quais podem ser virtuais ou reais, dependendo das preferências ou localização do usuário. A arquitetura do guia consiste em vários agentes inteligentes que trabalham com redes ontológicas e rede ambiental como base de conhecimento, para gerar roteiros turísticos. Ontologias apresentam os objetos culturais e históricos da Bulgária, padrão e ambiente apresentam as propriedades físicas (local, horário de trabalho, e outros) desses objetos. Além disso, a geração dinâmica de rotas é demonstrada pela abordagem através de um modelo orientado para o ambiente.

Stoyanova-Doycheva et al. (2020) apresenta essa adaptação para o turismo e a geração de rotas turísticas, levando em consideração os desejos e intenções dos turistas, bem como diferentes circunstâncias como local e horário. A versão do guia turístico apresentada no artigo

está sendo testada em um ambiente que suporta processo de aprendizagem real ao longo da vida. Atualmente, no servidor do guia turístico, apenas uma parte do rico patrimônio cultural é implementado e novos inventários estão planejados para serem construídos e dedicado a objetos pertencentes ao tradicional patrimônio cultural búlgaro. Um visualizador especializado mais criativo está planejado para ser implementado com as tecnologias de realidade virtual para tornar os resultados mais fáceis de usar, acrescentando no futuro a capacidade de o guia turístico indicar o reconhecimento de vários elementos folclóricos.

Como relata Stoyanova-Doycheva et al. (2020), ao introduzir a implementação de um robô guia de turismo usando a tecnologia Kinect para facilitar o processo de guias turísticos. O robô é capaz de substituir um guia humano, seguirá turistas onde quer que eles vão, evitando obstáculos em seu caminho, e fornece informações sobre o local assim que os turistas deram o comando para fazê-lo. O robô guia turístico detecta objetos diferentes, fornecendo informações sobre eles. A pesquisa de planejamento tem se dedicado principalmente ao modo *offline*, com algumas invasões no planejamento on-line para corrigir falhas durante a execução do plano. Embora o planejamento on-line tenha demonstrado sua utilidade para lidar com falhas no plano, eventos imprevistos que trazem uma oportunidade para a tarefa em mão raramente foi estudada. O comportamento direcionado a metas (GDB) é usado para altos níveis de autonomia quando o ambiente é dinâmico, parcialmente observável e aberto a novos dados. No GDB, o agente monitora a execução do plano no ambiente e é capaz de formular objetivos alternativos em tempo real. Uma limitação da maioria das abordagens atuais do GDB é que as metas são formuladas com base em objetos que já existem no modelo de agente (STOYANOVA-DOYCHEVA et al., 2020).

O domínio do turismo móvel identifica uma nova geração de aplicativos turísticos móveis que orientam turistas em suas viagens para fornecer todo o necessário informações sobre atrações turísticas locais de uma região, hotéis, restaurantes e reservas on-line. Smirnov, Kashevnik e Ponomarev (2017) apresenta um sistema conhecido como turista Assistente (TAIS) para apoiar turistas em uma região e analisa as ações do usuário para revelar suas preferências, além de recomendar o patrimônio cultural e objetos com base nas informações recebidas e na situação atual na região. O sistema também fornece aos turistas opções de transporte para chegar às instalações de patrimônio cultural e como as informações sobre um objeto cultural combina textos, imagens e vídeos extraído de fontes acessíveis da *Internet*. Assim, TAIS oferece uma série de serviços inteligentes que suportam troca de dados semânticos usando ontologias e o espaço físico em que o turista está localizado é criado como um espaço

cultural. Pelo serviço de recomendação e implementação de uma técnica de FC, os objetos do patrimônio cultural fornecidos aos turistas são listados e os turistas em local desconhecido podem ser auxiliados por guias móveis da cidade que operam dispositivos móveis.

Zhao et al. (2016) propõem uma fatoração tensorial pareada estrutura baseada em dados que molda o POI do usuário, o horário do POI, interações POI-POI para POI sucessivos de recomendação. Em redes sociais baseadas em localização (LBSNs), por ajuda os usuários a navegar por vários POIs candidatos a recomendação sucessiva de POI, torna-se uma tarefa e, com base no conhecimento mais recente de check-in dos usuários, fornece as melhores recomendações de POI. Porém, todos os métodos existentes para recomendação sucessiva de POI destacam apenas na modelagem da correlação entre POIs com base nas sequências de check-in dos usuários. Mas ignoram o fato de que a recomendação sucessiva de POI é um fator de tempo frágil na tarefa de recomendação indicando que os usuários preferem diferentes POIs em horários diferentes. Para capturar o impacto do tempo em recomendação sucessiva de POI, o artigo de Zhao et al. (2016) propõe um método de classificação latente espaço-temporal (STELLAR) para modele explicitamente as interações entre usuário, POI e tempo.

Assim, o modelo STELLAR baseia-se em uma estrutura de separação por fator de pareamento baseada em *ranking* com uma modelagem refinada de POI do usuário, horário do POI e POI-POI interações para recomendações sucessivas de POI. Além disso, propõe uma nova função de utilitário de peso com reconhecimento de intervalo para diferenciar correlações de check-ins sucessivos, que retiram a restrição de intervalo de tempo no trabalho anterior. Avaliações em dois conjuntos de dados do mundo real demonstram que o modelo STELLAR supera as recomendações sucessivas e avançadas de POI (ZHAO et al., 2016).

Por sua vez o estudo de Palumbo et al. (2017) sugere um caminho com a utilização de uma rede Neural Recorrente para prever a próxima categoria do POI em cada POI. As LBSN permitem que os usuários façam check-in um POI e compartilhar suas atividades com amigos, fornecendo dados publicamente disponíveis sobre seu comportamento. Uma das características distintivas dos dados LBSN em relação aos sistemas tradicionais de previsão de localização, baseados principalmente em dados de GPS e foco na mobilidade física, é a rica categorização de POI em taxonomias consistentes, que atribuem uma semântica explícita com significado para as atividades dos usuários. Por permitirem modelar os interesses dos usuários e personalizar as recomendações considerando as representações da cidade, bairros e usuários, definição de semelhanças semânticas entre cidades, as categorias de locais tem um papel importante nos sistemas de recomendação de POI.

Como relata Palumbo et al. (2017), para solucionar esse problema, em primeiro é preciso coletar os check-ins dos usuários do *Foursquare* e extrair as categorias de locais correspondentes, separando em um conjunto de atividades vizinhas durante pouco tempo, que se chama de caminhos. A partir disso, conforme o autor foi treinada uma Rede Neural Recorrente para aprender a prever esses caminhos para gerar novos caminhos, modelando sequências sem especificar um tamanho específico de memória. A natureza das sequências geradas não é global, mas, de modo crítico, depende da tipologia do usuário, agrupando usuários em grupos e formando modelos para cada um deles.

Ou seja, este artigo propõe uma nova abordagem para recomendar sequências e categorias de POI, como o primeiro passo para criar um sistema capaz de aprender automaticamente com os dados um caminho turístico personalizado. A abordagem baseia-se em um modelo de rede neural recorrente, que mostra ser capaz de modelar e prever sequências efetivas de categorias POI. Para isso, foram experimentados parâmetros diferentes da arquitetura da rede, mostrando a importância de um pequeno aprendizado de empilhar várias camadas de taxas, em vez de aumentar o número de neurônios nas camadas ocultas. Também mostra que a inicialização das categorias usando uma codificação baseada no *node2vec* melhora o desempenho do modelo sobre o padrão *one-hot* codificação, tanto em termos de perplexidade do modelo quanto de tempo de computação.

Tendo em vista a próxima categoria de POI mais provável, uma pequena lista de POI classificados pertencentes a essa categoria são recuperados de um conhecimento base contendo locais e eventos. A lista curta foi calculada usando *entity2rec* aproveitando o contexto do usuário (como localização geográfica), particularidades próprias do IFocal (por exemplo, classificações, críticas) e referências de usuário (PALUMBO et al., 2017).

Em alguns casos, os guias turísticos podem ser auxiliados por dispositivos dedicados, robôs, *smartwatch* ou técnicas como realidade virtual ou aprendizado de máquina. Banerjee, Robert e Horn (2018) apresenta um sistema baseado em Smartwatch projetado para facilitar a exploração de galerias de museus. O *design* e a implementação do sistema são discutidos, seguido de uma avaliação realizada com doze visitantes ao Museu de História Natural. O artigo destaca o problema de personalizar uma visita ao museu e explorar como os relógios inteligentes podem se encaixar em um ambiente de museu com vários monitores, segundo o *design* e a avaliação do *FieldGuide*, um sistema interativo que parecia um smartwatch usado por um visitante nas exposições do museu. Ao discutir os fundamentos teóricos do projeto e apresentadas as conclusões da avaliação do *FieldGuide* com doze, a maioria dos participantes

olhou para o relógio assim que recebeu a primeira notificação ao entrar na galeria. Eles passaram um curto período antes de selecionar um artefato sobre o qual desejavam obter mais informações. Na sequência, quando o aplicativo do relógio pediu que procurassem o caso de exibição relevante, a maioria dos participantes fez uma rápida varredura na sala para ver se alguma coisa chamou sua atenção. Ao se aproximarem da exibição, os participantes notaram que a interface nos *displays* da exibição mudou revelando uma área de navegação pessoal que convidava a conectar o relógio com a exibição da exibição. As sessões de teste do usuário - embora limitadas em número - revelaram várias restrições e recomendações. Táticas como um auxílio discreto: ativar o *feedback* tátil para todos os três estágios de interação no aplicativo smartwatch. Um leve toque no pulso chamou a atenção do visitante, e a ergonomia de um dispositivo usado no pulso significava que o visitante não precisava acessar um telefone.

Hasegawa et al. (2019), em “*My City Forecast*”: desenvolvimento de uma ferramenta de comunicação de planejamento urbano, destaca o conceito de uma ferramenta proposta como um instrumento de comunicação para planejar a cidade aos cidadãos. O recurso fornece aos cidadãos informações sobre o futuro de sua cidade aumentando sua conscientização e informando sua comunicação com os planejadores urbanos, indicando como requisitos de sistema os principais indicadores de mudanças na estrutura urbana (população, acessibilidade, custo administrativo e ambiente do governo local), com facilidade de acesso. Os indicadores devem estar abertos, facilmente calculados e cobertos por DA ou dados baratos para todas as unidades básicas do governo local e a diferença dos indicadores da meta para o futuro, com ou sem um plano de cidade compacto facilmente vista.

1. Informações detalhadas podem ser vistas no *Web GIS*.
2. O sistema é simplesmente projetado e tem uma resposta rápida.
3. Se dados originais ou privados forem fornecidos, o sistema poderá recalcular os mesmos em alguns minutos.
4. A mudança de atitude dos usuários em relação à gestão urbana pode ser medida através do sistema.

Para atender aos requisitos 1 e 2, o *My City Forecast* (MCF) selecionou 14 indicadores mensuráveis com base nos dados nacionais de código aberto existentes e em dados comerciais baratos, cobrindo todos os governos locais básicos, embora esses 14 indicadores sejam exemplos, considerando vários tipos de avaliação de pesquisa sobre estrutura urbana, índice de

ambiente de vida e qualidade de vida. Os indicadores incluem informações populacionais (população total, índice de população idosa e índice de população jovem), acessibilidade a instalações urbanas (hospitais, escolas, supermercados, lojas de conveniência, lojas de departamento, centros de atendimento a idosos, creches, centros comunitários e parques), ambiente verde e custos administrativos (HASEGAWA et al., 2019).

Para o requisito 3, o MCF calcula três estados desses indicadores para entender a diferença intuitivamente; status atual, status futuro com o plano de cidade compacto e status futuro sem plano de cidade compacto. O plano compacto da cidade significa que possui uma área residencial *designada* onde as pessoas vivem, e as instalações existem apenas quando a densidade populacional em cada área está acima de um valor limite.

Para o requisito 4 os estados são distribuídos como uma ferramenta da *Web* para acesso aberto e visualizados com o GIS da *Web* em uma resolução espacial de 500m por 500m. Esses indicadores são calculados e armazenados com antecedência no servidor para uma resposta rápida. Para a resolução espacial do MCF, é desejável uma resolução mais detalhada para o reconhecimento de informações ambientais personalizadas, embora o MCF possa ser implementado pelos limites administrativos da cidade.

No sistema os usuários podem escolher qual cidade exibir na tela, há um mapa da cidade dividido em 500m por 500m. Do utilizador da pesquisa, incluindo os 1670 governos locais no Japão foi desenvolvida a ferramenta da *Web* (MCF) para fornecer ao público informações relacionadas ao futuro de suas cidades e coletar opiniões com base nos requisitos de sistema propostos. Essa ferramenta integra modelos de previsão de demanda individual de construção, distribuição de pessoas, existência de instalações e custos administrativos usando diferentes tipos de DA nacionais. Com base nessa integração, o MCF mostra indicadores para a população futura, de carga não complicada e acessibilidade para várias instalações (HASEGAWA et al., 2019).

Este autor relata que o modelo selecionado no estudo pode ser um pretendente adequado para se ter índices detalhados adicionais mantendo a interface do usuário simples e funções substituíveis para diferentes modelos de cada parte da simulação em estudos futuros. O mesmo estudo também acrescenta que é possível introduzir a análise da ideia de cidadão em oficinas usando funções personalizadas em outros trabalhos, visto que a participação do público na gestão urbana e nos usos práticos de dados e TI ainda estão se desenvolvendo em todo o mundo. É necessário um sistema que não apenas forneça DA para o público, mas também atraia as pessoas para a gestão urbana, e o MCF pode ser um desses sistemas, refletindo a expectativa

mais ampla de que o público participe da gestão urbana de forma mais ativa por meio de eventos ou projetos que conectam o governo e o público. (HASEGAWA et al., 2019).

O mesmo estudo analisa que tecnologias da *Web Semântica*, como ontologias, ajudam a interpretar, de acordo com o contexto, o *Big Data* heterogêneo, associando os conceitos de dados a classes de ontologia. Ou seja, descreve ontologias como conjuntos de vocabulários controlados legíveis por máquina que fornecem a “especificação explícita da conceitualização” de um domínio. A combinação de conceitos fornece às ontologias o maior grau de riqueza semântica de todos os modelos comuns de representação do conhecimento, como lista de palavras e seus significados, mapa de tópicos e dicionário de sinônimos. Por isso, o mapeamento semântico não apenas ajuda as máquinas a interpretar os grandes e heterogêneos volumes de dados para compreender o contexto correspondente, mas também pode ajudar a identificar as falhas de *Big Data* e preencher as informações ausentes, vinculando dados e conceitos com classes de ontologia. Diante disso, com base nas vantagens claras sobre as tecnologias convencionais, nas duas últimas décadas, as ontologias foram amplamente utilizadas para o conhecimento e representação em vários domínios, desde engenharia, biomédica até física (BUKHARI; MALIK, 2018).

Um artigo de Ojino (2020) apresenta o desenho de uma ontologia baseada em perfil que permite personalizar os quartos e serviços dos hóspedes. A ontologia foi desenvolvida usando a metodologia NeON, leva em consideração o número máximo de conceitos associados com perfil de hóspede e quarto de hotel. A ontologia também fornece uma representação sólida de métricas de conforto para quartos de hotel para apoiar recomendação. Além disso, o estudo de OJINO (2020) propõe calcular a semelhança entre preferências do hóspede e os recursos de um quarto de hotel para oferecer recursos e serviços personalizados de quarto. Para a abordagem orientada à ontologia é selecionada devido aos recursos de representação e métodos de raciocínio para entregar dados heterogêneos e imprecisos do sensor. As ontologias hierarquicamente fornecem resultados inferidos com base em dados e relações entre dados e também fornece a simplicidade de recuperar / consultar dados e também evita a análise de arquivos de log (OJINO, 2020).

Os dados coletados para uso na ontologia foram de convidados, e características dos quartos de hotel. Na sua forma mais simples, os perfis de usuário são na forma de palavras-chave ou regras especificadas pelo usuário e refletem interesses de longo prazo dele. No entanto, com base em palavras-chave os perfis não conseguem capturar a semântica dos interesses do usuário como eles podem sofrer de problemas de polissemia ou sinonímia. O

estudo de Ojino (2020) desenvolve uma ontologia de perfil de usuário com caracterização que captura as seguintes informações:

- a) Dados demográficos: informações estáticas básicas, como nome, sexo, data de nascimento, e-mail, local de residência, país de residência, número de telefone, nome da pessoa de contato, telefone da pessoa de contato, relacionamento com o hóspede.
- b) As informações podem ser capturadas quando o hóspede reserva um quarto de hotel.
- c) Interesses como ler romances, passeios turísticos e ouvir música, entre outros.
- d) Atividades como assistir filmes, comer e outros.

O estudo explorou o conteúdo de 153 sites de redes de hotéis contendo informações da sala. Uma amostra da população da cadeia de hotéis empregados no estudo foi coletada aleatoriamente nos hotéis 325 relatórios de classificação do ano de 2018. Através de um conteúdo estruturado da análise dos sites das redes de hotéis, as informações dos quartos foram classificadas em 18 categorias. Resultados preliminares baseados na análise mostra que algumas das categorias importantes de quartos de hotel incluem: camas e roupas de cama, entretenimento no quarto, iluminação, quarto, tamanho, banheiro e amenidades de banho, disponibilidade da *Internet* e a decoração do quarto, indicando SR personalizado que combina ontologia e técnicas de aprendizado de máquina (OJINO, 2020).

Um estudo de Spoladore et al. (2018) desenvolveu o *RoomFort*, uma arquitetura baseada em nuvem que mede a iluminância, a concentração de CO₂, a temperatura e taxa de umidade dentro do quarto de hotel. O sistema, destinado a personalizar métricas de conforto para viajantes de negócios, foi desenvolvido usando padrões da *Web* semânticos e razões sobre os dados armazenados em um repositório de nuvem privada. Foi postulado que, para maior precisão das métricas de conforto e suas medições, uma ontologia deve ser integrada ao algoritmo de recomendação híbrida. Por exemplo, o autor projetou o Ke4WoT (extração de conhecimento para a *Web of Things*), uma metodologia que analisa automaticamente conceitos e tópicos que aparecem frequentemente em ontologias existentes de uma IoT específica domínio de aplicação. Ke4WoT usa aprendizado de máquina técnicas - *clustering k-means* e algoritmos do Word2vec – para reduzir o tempo e o esforço de desenvolvimento para criar qualquer esquema enquanto promover a reutilização para interoperabilidade. Os autores desenvolvem um SR baseado em combinação com ontologia para prever o grau de interesse do usuário para (POIs) considerando as preferências do usuário e os recursos dos POIs

(SPOLADORE et al., 2018).

O SR propõe uma lista classificada de POIs que se encaixa em suas preferências nas quais o perfil do usuário é dinamicamente aprendido através da ativação de propagação. O algoritmo de ativação de espalhamento atribui preferência e confiança a cada nó na ontologia que é propagado para baixo para nós descendentes e para cima para nós ancestrais. Considera semelhança semântica na previsão fase para melhores recomendações analisando de modo explícito comentários sobre sistema baseado em conteúdo que utiliza recursos ontológicos e informações para estruturar POIs e perfil do usuário. Dentro do sistema, um gráfico de propriedades banco de dados é usado para manipulação de relacionamento e recuperação de dados no enquanto o SR corresponde a uma lista de locais do banco de dados gráfico e os classifica. O autor propõe um SR baseado em conteúdo combinando ontologia para quartos de hotéis personalizados aprimorados com técnicas de aprendizado de máquina para atender às expectativas dos hóspedes, necessidades e preferências ao se hospedar em um quarto de hotel. Será representado o perfil do usuário e os recursos do quarto de hotel (SPOLADORE et al., 2018).

Um artigo de Colomo-Palacios et al. (2017) refere que a tecnologia em geral e *Customer Relationship Management* (CRM) e redes sociais em particular foram identificados como importantes facilitadores no turismo e apresenta o POST-VIA 360, uma plataforma dedicada a apoiar todo o ciclo de vida da lealdade do turismo após a primeira visita. O sistema foi projetado para coletar dados da visita inicial por meio de abordagens generalizadas. Depois que os dados são analisados, o POST-VIA 360 produz precisão após a visita dados e, uma vez retornados, é capaz de oferecer recomendações relevantes com base no posicionamento. Para validar o sistema, um estudo de caso comparando recomendações do POST-VIA 360 e um grupo de especialistas foi realizado. Resultados mostram que a precisão das recomendações do sistema é notável em comparação com os anteriores esforços no campo.

O POST-VIA 360 foi desenvolvido para auxiliar os turistas em todas as etapas de suas viagens: pré-visita, durante a visita e pós-visita com a abordagem de CRM. Mas também visa melhorar a qualidade em toda a cadeia de valor por meio de uma melhoria contínua mecanismo destinado a informar os (DMOs) e proprietários sobre eventos relevantes, opiniões ou simplesmente comportamentos associados aos POIs sob sua supervisão. Construída como uma evolução de projetos anteriores, a novidade dessa abordagem é a inclusão de sistema aprimorado de recomendação baseado em sistemas imunológicos artificiais, a inclusão da representação geográfica permitida pelo (PostGIS) e o aprimoramento da mineração de opinião

por meio da mineração de opinião baseada em recursos por meio de ontologias e resumo de opinião. Os três principais atores do sistema são: DMOs, administradores de POI e turistas. O primeiro ator lida com o sistema e comunica recomendações e dicas específicas aos turistas, juntamente com a supervisão geral do sistema e comunicação com os POIs. Alguns desses pontos estão sob supervisão direta de DMOs, como museus, e outros, como restaurantes, normalmente são liderados por proprietários ou administradores de POI. O segundo ator é o POI administrativo, responsável por comunicar notícias, ofertas, disponibilidades e informações gerais sobre o POI (COLOMO-PALACIOS et al., 2017). Conforme estes autores, o último ator é o turista que interage com o sistema durante a pré-visita, durante a visita e pós-visita. O usuário procura informações, recebe recomendações, incluem comentários ao sistema ou simplesmente visita POIs. Toda esta informação é posteriormente usada no desenvolvimento de recomendações específicas. O objetivo e a funcionalidade das camadas é a seguinte:

1. **Camada de interface.** Essa camada fornece uma interface da *Web* e uma interface de configuração, dado que é o componente destinado interagir com turistas, mas também com administradores de POIs e DMOs. Dois tipos de interfaces estão disponíveis para o sistema. Em primeiro lugar, interfaces *Web* tradicionais, essas interfaces são codificadas usando HTML5 para se adaptar facilmente a todos os tipos de dispositivos incluindo celular. Em segundo lugar, uma interface móvel nativa também está disponível para turistas. Em relação aos subsistemas funcionais dentro da interface da *Web*, existe um subsistema destinado aos turistas (incluindo aspectos como álbum de viagem, experiência de viagem e rede). Um segundo subsistema fornece gerenciamento de POIs que pode ser usado para manter as informações básicas dos POIs, mas também para acessar métricas dos POIs. Finalmente, existe um subsistema destinado a mostrar e manter Informações de DMO, incluindo POIs gerenciados, informações específicas de DMO, informações de *scorecard* sobre o uso e classificação de serviços de gerenciamento, mas também uma interface para funções clássicas de CRM.

2. **Camada da lógica de negócios.** Essa camada envolve as principais funcionalidades do POST-VIA 360, codificando negócios do mundo real regras que afetam o sistema. Essa camada de lógica de negócios consiste em quatro componentes. Esses componentes são explicados da seguinte maneira:

a. Motor de experiência de viagem. Esse componente permite a avaliação da experiência de viagem pelos usuários antes, durante e depois da viagem. Também inclui a possibilidade de criar um álbum multimídia associado à viagem, incluindo informações relevantes como ingressos, brochuras, condições climáticas, itinerários com geolocalização, mas também

opiniões, check-ins e outras informações pessoais.

b. Mecanismo de CRM. Esse componente inclui todos os recursos operacionais tradicionais de CRM, como, por exemplo, vendas, marketing e gerenciamento de serviços. As abordagens tradicionais de CRM foram enriquecidas pelo uso de ontologias. O modelo semântico inclui várias entidades (usuário, perfil, visita, avaliação, conceito, POI, similaridade, conteúdo, promoção), bem como um conjunto de relações.

Colomo-Palacios et al. (2017) ressaltam que o uso de infraestruturas semânticas permite consultar informações usando consultas SPARQL por meio de uma interface específica projetada para o sistema que recebe as informações necessárias e é responsável por gerar a consulta SPARQL apropriada para acessar o modelo semântico. A respeito de armazenamento adotaram a API Jena como estrutura principal para carregar o modelo de ontologia e armazenar os dados.

c. SR imune artificial. O sistema imunológico artificial é um campo de estudo inspirado no sistema imunológico humano sistema que surgiu na década de 1990 como uma nova área de pesquisa computacional inspirada na imunologia teórica e funções, princípios e modelos imunológicos observados. Em relação ao modelo, os POIs e as visitas incluem informações espaciais para poder incluir informações geográficas, dados no mecanismo de recomendação, adicionando informações ao mecanismo de recomendação em um cenário de turismo.

d. Mecanismo de mineração de opinião. O mecanismo de mineração de opinião é baseado no uso de ontologias. Dado que, antes de iniciar as classificações, os usuários fornecem opiniões sobre POIs que podem ser conectados ou não às classificações (que, muitas vezes, estão ausentes), é necessário projetar e implantar um mecanismo para extrair informações desses dados.

Baseado em ontologias e técnicas de representação do conhecimento, este componente fornece significado ao POST-VIA 360. Essa camada também armazena relações sobre os diferentes conceitos que compõem a plataforma. Alguns dos recursos também são codificados usando bancos de dados espaciais (PostGIS) e outros são simplesmente codificados em um banco de dados relacional (COLOMO-PALACIOS et al., 2017).

Os autores descrevem a validação da ferramenta. O objetivo final do estudo foi determinar se o POST-VIA O 360 serve como um SR válido em um ambiente controlado. Depois que o POST-VIA 360 foi desenvolvido e testado, o segundo passo foi testado a validade da ferramenta em um cenário real para medir a precisão de suas recomendações. Dado que o objetivo geral foi testar a precisão do sistema de recomendação.

A avaliação foi realizada em duas etapas. Na primeira etapa, o sistema foi usado por um conjunto de usuários durante uma viagem a uma cidade diferente daquela em que vivem, coletando um conjunto de dados dos usuários sobre suas preferências por meio de um questionário. Para fazer isso, um conjunto solicitado aos usuários que preenchessem os questionários e usassem o sistema em uma curta viagem de fim de semana a Salamanca, Espanha (solicitando ao sistema pelo menos sete recomendações para cada usuário em relação a restaurantes, cafés e bares). No segundo passo, e, por meio de um programa de manipulação GPS, um conjunto de recomendações para restaurantes e bares realizado na área do centro da cidade de Madri (Espanha). O POST-VIA 360 forneceu um conjunto classificado de recomendações para esses usuários e, ao mesmo tempo, um conjunto de especialistas também forneceu um conjunto classificado de recomendações para esses usuários, a fim de comparar os resultados com os fornecidos pelo POST-VIA 360 (COLOMO-PALACIOS et al., 2017).

Recentemente demonstrada a possibilidade de fornecer informações personalizadas através do *WebGIS* (BALLATORE; BERTOLOTTI, 2015). Em outras palavras, tomando informações espaciais sobre Hasegawa et al. (2019) ao se referir ao domínio do turismo, usando a funcionalidade do POI e os níveis de acessibilidade para fornecer recomendações personalizadas de turismo, o estudo de Santos et al. (2017) menciona que existem muitas recomendações quanto aos sistemas de informação, embora com finalidades diferentes. Alguns desses sistemas concentre-se apenas em alguns aspectos dos feriados. Por exemplo, viagens pessoais. Os guias turísticos móveis são o resultado de anos de pesquisa nas áreas de recomendações, inteligência e computação abrangente. Os sistemas móveis de recomendação baseados em perfis têm o potencial enriquecer substancialmente as experiências turísticas. A pesquisa abordou uma perspectiva diferente em sistemas de recomendação, porque inclui limitações / diferenças determinadas por cada indivíduo, físico ou psicológico restrições ao acesso a locais turísticos. Este esforço foi feito usando uma abordagem em que usuários e POIs devem ser caracterizados em relação a sua própria funcionalidade e níveis de acessibilidade em cada físico ou psico-limitação tecnológica considerada a correta avaliação / classificação. A funcionalidade do usuário e os níveis de acessibilidade do POI são um fator-chave para a resultados de recomendação produzidos pelos algoritmos propostos. O uso desse tipo de abordagem foi de usuários físicos e psicológicos questões lógicas são consideradas por aplicativos de recomendação de turismo na prática, pode contribuir para permitir que mais pessoas com limitações decidam viajar porque ganharão mais confiança no destino e em si mesmos (SANTOS et al., 2017).

A proposta geral de recomendação descrita por Santos et al. (2017) considera várias fontes de conhecimento e técnicas de filtragem para enriquecer a qualidade dos resultados produzidos. Sobre o modelo da funcionalidade / acessibilidade foi usado para melhorar a probabilidade de um usuário cumprir seu próprio ambiente em termos de experiências turísticas sem ser limitado por suas condições físicas ou psicológicas. Foram selecionados 12 usuários essencialmente de acordo com suas limitações físicas ou cognitivas, daí representando diferentes níveis de funcionalidade. O processo de recomendação começa com a geração de recomendações locais em cada subprocesso considerado, referente à funcionalidade / acessibilidade, estereótipos, emoções, tags e itens da sociedade (SANTOS et al., 2017).

O presente estudo é comparado ao que foi realizado por Santana, Wives e Oliveira (2018), o qual apresenta um modelo ontológico com o propósito de modelar elementos de uma cidade, além de recomendações adequadas ao perfil, interesses e intenções de uma pessoa. Para isso, os autores elaboraram regras semânticas de possível aplicação ao modelo, buscando demonstrar a projeção de recomendações personalizadas a partir de diferentes variáveis relacionadas ao usuário e ao contexto no qual este está situado. As recomendações realizadas a partir de inferências sobre a ontologia mostraram-se de grande potencial de uso as necessidades específicas de cada usuário, que pode ser residente ou visitante. A proposta baseada em ontologia, aqui apresentada, mostra-se então variável para ser expandida de modo a aumentar sua abrangência, cobrindo aspectos que possam vir a ser relevantes para uma melhor recomendação adaptativa.

A partir da visão relacional apresentada entre as classes da ontologia, foi observado que uma pessoa possui interesse por determinados assuntos, os quais são atendidos por diferentes pontos de interesse de uma cidade. Considerando suas características, um mesmo ponto pode contemplar diferentes assuntos, como por exemplo, uma igreja que pode abranger tópicos referentes à arquitetura, religião, história, entre outros. Foram estabelecidas regras de inferência a serem realizadas com utilização do Pellet como motor de inferência, tendo em vista que o modelo foi proposto para auxiliar na recomendação adaptativa de pontos de interesse em favor dos interesses e necessidades de seus usuários (SANTANA; WIVES; OLIVEIRA, 2018).

Este estudo também é comparável ao realizado por Guilherme de Ockham, considerando que a análise lógica de Ockham elimina o problema a respeito da existência dos termos universais na realidade e ressalta a doutrina semântica nominalista. Nesse sentido, o trabalho de redução ontológica dos entes evidencia uma realidade composta de mônadas, que

são caracterizadas como entidades essenciais, simples e de caráter singular. A ontologia de Ockham é explicitada a partir do princípio metodológico da parcimônia, isto é, a não multiplicação dos entes desnecessariamente ou, como é amplamente conhecida, a “Navalha de Ockham”, conforme relatado no estudo de (COSTA, 2018).

Ao distinguir termos absolutos e conotativos a teoria de Ockham assegura uma semântica adequada para sua ontologia híbrida, porque especialmente a investigação a respeito dos termos conotativos auxilia na sustentação do seu projeto de economia das entidades. De um ponto de vista objetivo, os termos absolutos, baseados na experiência, significam as coisas como elas se apresentam. Por sua vez, os termos conotativos possuem uma característica de duplo sentido na medida em que se estabelecem relações que ultrapassam o âmbito da particularidade das coisas da realidade (COSTA, 2018). A seguir é apresentado a tabela 3.1 que compara entre os principais tópicos levantados sobre os trabalhos relacionados que auxiliaram na elaboração deste trabalho.

Tabela 3.1 – Comparativo dos Trabalhos Relacionados

Autores	Ontologia	S. City	Web Semântica	Big Data	Reasoners	SR	POI	API Jena
(CHANG, 2018)	-	<	-	-	-	-	-	-
(LUNARDI;MACHADO;OLIVEIRA,2019)	-	<	-	-	-	<	-	-
(OSMAN, 2019)	-	<	-	<	-	-	-	-
(SOOMRO et al., 2019)	-	<	-	<	-	-	-	-
(YASSINE et al., 2019)	-	-	-	<	-	-	-	-
(CUNHA, 2019)	-	<	-	-	-	-	-	-
(SANSONETTI, 2019)	<	-	<	-	-	<	<	-
(FELTONI GURINI et al., 2018)	-	-	<	-	-	-	-	-
(SANSONETTI et al., 2017)	<	-	-	-	-	-	-	-
(ACHICHI et al., 2016)	<	-	-	-	-	-	-	-
(BABLI; ONAINDIA; MARZAL, 2019)	<	-	-	-	-	-	-	-
(BUKHARI; MALIK, 2018)	-	-	-	<	-	-	-	-

(STOYANOVA-DOYCHEVA et al., 2020)	✓	-	-	-	-	-	-	-
(SMIRNOV; KASHEVNIK; PONOMAREV, 2017)	✓	-	✓	-	-	✓	-	-
(ZHAO et al., 2016)	-	-	-	-	-	-	✓	-
(PALUMBO et al., 2017)	✓	-	✓	-	-	-	✓	-
(BANERJEE; ROBERT; HORN, 2018)	-	-	-	-	-	-	✓	-
(HASEGAWA et al., 2019)	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-
(OJINO, 2020)	✓	-	✓	-	-	✓	-	-
(SPOLADORE et al., 2018)	✓	-	-	-	-	✓	✓	-
(COLOMO-PALACIOS et al., 2017)	✓	-	-	-	-	✓	✓	✓
(SANTOS et al., 2017)	-	-	-	-	-	-	✓	-
(SANTANA; WIVES; OLIVEIRA, 2018)	✓	-	✓	-	✓	-	-	-
(COSTA, 2018)	✓	-	✓	-	-	-	-	-
Esta Pesquisa	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Autora, 2020

Na tabela 3.1 podemos analisar as tecnologias utilizadas como base para a construção do sistema. Como podemos perceber nenhum dos autores pesquisados utilizaram todas as tecnologias aplicadas a este trabalho de forma conjunta.

Os artigos de Osman (2019) e Soomro et al. (2019) destacam que variadas fontes de dados produzem Big Data, nesta pesquisa não foi aplicado Big Data pois a cidade é de pequeno porte com média de 3900 habitantes, poucos pontos turísticos e serviços de saúde. Porém conforme o tamanho da cidade é importante a análise da quantidade de informação que irá compor a ontologia e adaptar o projeto conforme sua necessidade.

Outro aspecto ao qual está pesquisa não aborda, mas que Cunha (2019) relata é a possibilidade de presença dispositivos inteligentes localizados em toda a cidade, como medidores inteligentes que podem calcular o consumo de eletricidade, gás e água, sensores de tráfego, estações meteorológicas automatizadas, dentre outros. Para informar aos cidadãos o consumo consciente ou se as ruas estão congestionadas, possibilitando a preservação dos recursos naturais e diminuição de resíduos produzidos. Pode-se como trabalhos futuros ampliar, adaptar e adicionar ao sistema de recomendação esses recursos.

3.3. Considerações Finais

Neste capítulo foram apresentados trabalhos relacionados a sistemas de recomendação aplicados a cidades inteligentes e pontos de interesse turísticos. Trabalhos esses importantes para a compreensão dos próximos capítulos, pois percebe-se a diversidade dos serviços online as técnicas de recomendação utilizando ontologias como modelagem.

No próximo capítulo será detalhada a descrição da proposta do sistema de recomendação aplicada a este estudo de caso, modelagem ontológica, metodologia, arquitetura e interface da proposta.

4. RECOMENDAÇÃO DE PONTOS DE INTERESSE PARA CIDADES INTELIGENTES

O excesso de dados enfrentado por visitantes e residentes em uma cidade é um problema que se busca resolver, e os sistemas de recomendação facilitam a busca por informações, auxiliando os cidadãos na busca por interesses. Por exemplo: uma pessoa baseada em localização procura por um ponto de interesse dentro de um leque de opções disponíveis, o que lhe demanda muito tempo. Ela até pode encontrar o que procura, mas nem sempre é a melhor opção.

Este estudo foi realizado no município de Cotiporã, emancipado em 12 de maio de 1982; possui, atualmente, em torno de 3.917 habitantes, conforme o censo de 2010; e sua base econômica é a agricultura. A cidade se destaca pela riqueza de segmentos turísticos, ecológicos, religiosos, aventureiros, artesanais, entre outros (“Cotiporã-RS”, [s.d.]). Escolheu-se a cidade de Cotiporã, que é onde a pesquisadora trabalha no suporte do Sistema de Informação da Prefeitura.

Para Bao et al. (2015) o sistema de recomendação é uma técnica inteligente que descomplica a experiência online, sendo que, para este estudo de caso, foi criada uma abordagem que recomenda pontos de interesse de uma cidade. O sistema utiliza uma base ontológica, adaptando-a ao contexto da cidade de Cotiporã, para posteriormente, aplicar regras SWRL que gerem essas recomendações baseadas na localização das pessoas. Com essa abordagem, que será mais detalhada nas próximas subseções, espera-se reduzir o tempo de busca por serviços e interesses que as pessoas necessitem.

4.1. Descrição do Protótipo

A proposta desenvolvida utiliza interfaces responsivas que se adaptam aos variados dispositivos existentes *Smartphones*, *Tablets*, *Notebooks*, *Desktops* que utilizam diversificados sistemas operacionais para o seu devido funcionamento. A interface responsiva é uma tecnologia que se adapta ao tamanho da tela do dispositivo para melhor visualização e navegabilidade. França (2015) sugere utilizarmos nos projetos de sistemas web a responsividade para atingir a maior diversidade de dispositivos, os tornando cada vez mais flexíveis e acessíveis.

Ao acessar a interface do sistema proposto o usuário informa se é visitante ou residente

da cidade, a sua idade, o que procura em Cotiporã (exemplo turismo, saúde). Baseado nas informações do usuário, o sistema irá retornar os interesses da busca realizada. Se for turismo por exemplo, ele irá retornar os locais disponíveis para visitação e serviços oferecidos, pr oximos a localiza o da pessoa. Essa recomenda o será adaptada aos gostos anteriormente informados que o visitante ou residente buscou. A localiza o   a base para a recomenda o e o ponto de interesse poder ser flexível e adaptável conforme o usuário desejar.

A base de conhecimento utilizada pela abordagem   composta por um banco de dados de informa es coletadas do site e do setor de fiscaliza o da prefeitura de Cotiporã. Para gerar as recomenda es foi utilizado um motor de inferências lógicas e regras descritivas vinculadas a modelagem adaptada para o estudo desta cidade. Essa base de conhecimento tem como saída um conjunto de POIs recomendados ao usuário.

4.2. Funcionalidades do Sistema

As funcionalidades do sistema estão descritas abaixo:

- a) O sistema de recomenda o conectado a web acessa os dados de localiza o do usuário disponibilizados pelo GPS, caso falhem o sistema solicita ao usuário a latitude e longitude manualmente.
- b) Após realizar o login, segue para a *interface* onde informa se   visitante ou residente da cidade, sua idade e seu ponto de interesse.
- c) Ao clicar em buscar o sistema infere as regras lógicas ao qual ele retorna as recomenda es dos POIs pr oximos a sua localiza o, conforme a base de conhecimento ontológica pr -cadastrada com informa es da cidade.
- d) O sistema deve listar as recomenda es como pontos turísticos pr oximos ou serviços ofertados pela área da saúde baseado em sua localiza o.
- e) O sistema não deverá ser invasivo e permitir que o cidadão filtre na *interface* apenas pontos de interesse relevantes.

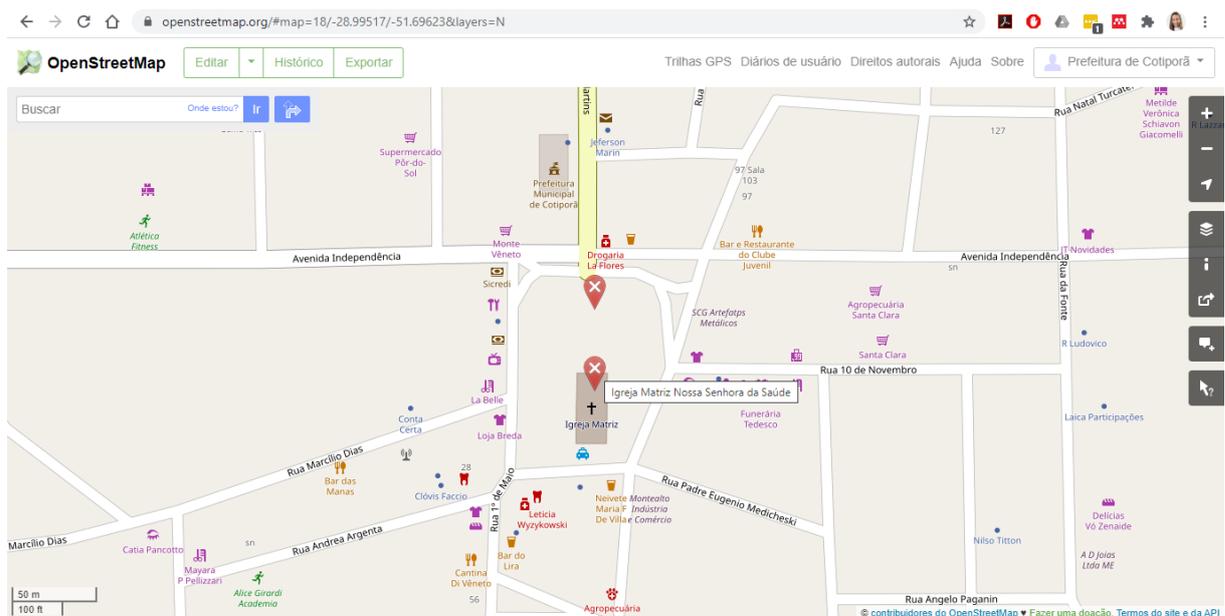
4.3. Modelagem Ontológica de Cotiporã

Durante o desenvolvimento deste protótipo utilizou-se para modelagem uma ontologia, ampliou-se e adaptou-se para receber as informa es da cidade de Cotiporã. Os principais

pontos de interesse modelados na ontologia são: pontos turísticos e serviços de saúde mapeados no Open Street Maps (OSM).

O OSM é um projeto que visa construir um banco de dados geográfico gratuito e colaborativo do mundo (BENNETT, 2010). É mantido por uma comunidade de colaboradores que realizam a atualização e acrescentam novos dados a sua base de dados pública e global. Assim, por meio dessa plataforma, qualquer pessoa pode criar e editar um mapa integrado à base da plataforma e disponibilizado publicamente na web. Na prática, é um serviço de características semelhantes a serviços comerciais tais como Google Maps, Bing Maps e outros. No entanto, o OSM apresenta o diferencial de que os dados são publicados como dados abertos, sob a licença *Open Data Commons Database License* (ODbL). Esse tipo de licença permite, copiar, distribuir, transmitir e adaptar os dados, desde que atribua a autoria ao *OpenStreetMap*. O mapeamento no Open Street Maps apresentado na figura 4.1, demonstra a demarcação da latitude e longitude dos locais da cidade, sendo possível adicionar na modelagem ontológica remodelada para construção do sistema.

Figura 4.1 - Open Street Maps Mapeado com Dados de Cotiporã



Fonte: Autora, 2020

A figura 4.1 demonstra o mapeamento para geolocalização de serviços (CNPJs), pontos turísticos e demais pontos de interesse para visitantes e residentes da cidade de Cotiporã. Essas informações e marcações de pontos no mapa, foram realizadas pela fiscal do município e pela

autora, por terem acesso aos dados e empreendimentos encontrados na cidade de Cotiporã. A fiscal do município é a servidora pública responsável pelos alvarás, documentação e fiscalização de todos os CNPJs ativos da cidade. Sendo essa servidora a pessoa ideal de cada localidade para manter os dados atualizados em tempo real no *Open Street Maps*. Ao qual o sistema irá utilizar esses dados para gerar recomendações aos visitantes e residentes, os POIs e serviços oferecidos na cidade.

Para realizar a avaliação deste protótipo foram testadas duas regras lógicas uma para pontos de interesse turísticos e outra para serviços da área da saúde. Porém, pode-se ampliar a proposta para os demais serviços públicos disponíveis, comércio, indústria e demais empreendimentos com CNPJs ativos na cidade. Os dados foram utilizados para preencher com latitude e longitude a localização dos serviços e POIs na ontologia, construindo assim uma modelagem adaptada para a cidade de Cotiporã. Pois para desenvolver um sistema de recomendação o primeiro passo é termos informações e disponibilidade de acesso. O sistema desenvolvido calcula automaticamente as distâncias entre a localização da pessoa e o POI baseados nos dados mapeados no Open Street Maps através do webservice disponibilizado por uma API chamada *OpenRouteService*. No próximo capítulo, será abordado a metodologia utilizada para reestruturação e adaptação da ontologia para o estudo de caso aplicado em Cotiporã.

4.3.1. Metodologia Utilizada

A metodologia orienta a construção e/ou reaproveitamento de um modelo ontológico consistente na construção de um sistema. Noy e Mcguinness (2001) com “*Ontology development 101*”, expõe que a tecnologia muda frequentemente, assim sistemas necessitam de atualização constante em seus modelos, POIs, serviços, requisitos de segurança, entre outros. A escolha pela Metodologia 101 justifica-se pela sua maior simplicidade e passos diretos que facilitam o processo de modelagem de ontologias apresentadas a seguir em sete etapas de desenvolvimento:

Etapa 1. Determine o domínio e o escopo da ontologia: Noy e Mcguinness (2001), sugerem algumas questões que auxiliam a definição do domínio ou escopo da ontologia:

- Qual é o domínio que a ontologia cobrirá? A ontologia cobrirá o domínio e/ou escopo de cidades inteligentes.
- Para o que vamos usar a ontologia? Vamos utilizar a ontologia para recomendar

pontos de interesse e/ou serviços que a cidade oferece.

- Para quais tipos de perguntas as informações na ontologia devem fornecer respostas? A ontologia deve responder as perguntas se o usuário do sistema é visitante ou residente da cidade; qual é sua idade; o que procura em Cotiporã;
- Quem usará e manterá a ontologia? A ontologia será utilizada por visitantes ou residentes e pelo administrador do sistema. Ela será mantida e atualizada pela autora deste projeto.

Etapa 2. Considere a reutilização de ontologias existentes: Com a possibilidade de importação e exportação de ontologias por editores, permite a edição, reutilização e compartilhamento de modelos existentes em outros contextos computacionais. A interação com outros sistemas através de linguagens que interpretem e disponibilizem informação semântica enriquece a base de conhecimento existente e permite o reaproveitamento em outras bases pré-existentes, como o estudo de caso realizado para a cidade de Cotiporã que utiliza a base ontológica pré-existente modelada para a cidade de Gramado, utilizada neste trabalho.

Etapa 3. Enumerar termos importantes na ontologia: No designer de uma ontologia é produtivo descrever termos para apresentar a um usuário, sem nos preocuparmos inicialmente com a sobreposição destes termos e suas propriedades. Baseado nas seguintes questões: Quais são os termos sobre os quais gostaríamos de falar? Na resolução desta questão apresento alguns termos relevantes encontrados na ontologia como pessoas, pontos de interesse, cidade, localização, dentre outros apresentados neste estudo. Quais propriedades esses termos têm? As propriedades podem ser idade de uma pessoa, seu nome, seu tempo, entre outros. O que gostaríamos de dizer sobre esses termos? As questões de refinamento dos termos podem acontecer após possuírmos uma modelagem esboçada.

Etapa 4. Definir as classes e a hierarquia de classes: Diante de várias abordagens disponíveis para a definição de classes pode-se adaptar a que melhor se encaixar na modelagem que está sendo desenvolvida: de cima para baixo, ascendente ou uma combinação entre as duas já citadas. Nesta modelagem definimos os conceitos mais salientes primeiro e depois generalizamos, especificando melhor cada classe. Por exemplo, criamos a classe pessoa, após as subclasses visitantes e/ou residentes.

Etapa 5. Defina as propriedades das classes – slots: Após executarmos as etapas anteriores e com as classes já definidas, caracterizamos as propriedades, conforme a ontologia reutilizada nesta proposta a classe pessoa, tem idade e tem nome. Esta classe pessoa está relacionada com a hierarquia de subclasses visitante, residente e administrador, ao qual essas

classes derivadas da classe pessoa herdam as propriedades da classe pessoa.

Etapa 6. Defina as facetas dos slots: A definição de facetas para um slot é o tipo do dado a ser adicionado, por exemplo a classe pessoa/visitante possui “tem nome” e o nome da pessoa é uma string (palavra ou uma sequência de caracteres, frases, textos) ou a classe pessoa/visitante tem idade caracterizado como um número (com cardinalidade) que define quantos números podem contar naquele espaço do campo idade. Sendo os mais comuns como: string, número, valor booleano (verdadeiro ou falso), enumerados ou instâncias que permite relacionamento entre indivíduos.

Etapa 7. Criar instâncias: Etapa final na modelagem ontológica é primeiro diante de uma classe, criar uma instância individual dentro dessa classe e preencher com os valores adequados aos slots. Por exemplo, dentro da classe POIs, foi criado instâncias com os pontos turísticos da cidade de Cotiporã, onde cada ponto turístico haverá relacionamentos e slots que serão características específicas como nome do local, latitude e longitude, entre outras informações.

Importante ressaltar que não existe apenas uma maneira de desenvolver ou aprimorar uma ontologia na modelagem de um sistema, existem várias, cabendo ao autor decidir a melhor abordagem para a resolução do problema. No próximo capítulo será apresentado a organização do modelo proposto baseado na metodologia abordada neste capítulo.

4.3.2. Organização da Abordagem

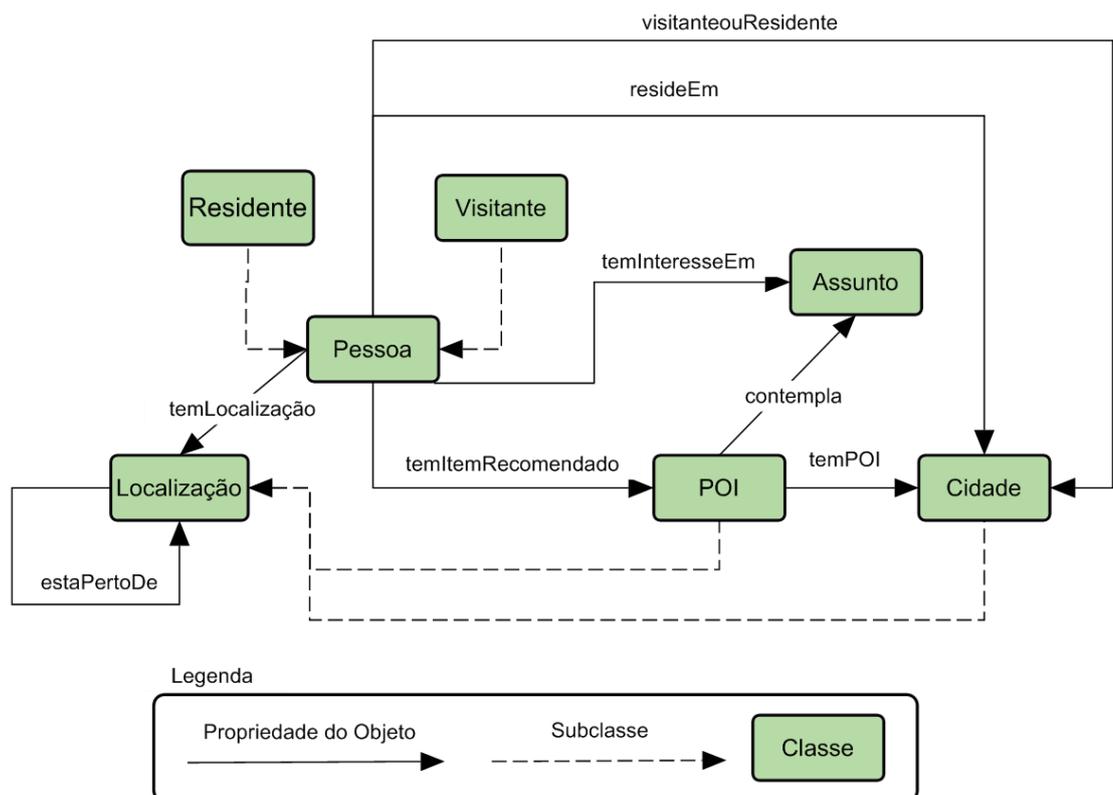
Conforme explicado no capítulo anterior a abordagem proposta neste trabalho tem por objetivo apoiar um sistema de recomendação para cidades. Como explica Rozendo (2017), um SR analisa o histórico de preferências de todos os usuários do sistema e/ou o conjunto de características dos itens modeladas na ontologia, para, então, determinar quais serão possivelmente apreciados, e estes são os recomendados. Um SR busca aumentar a eficácia na indicação de conteúdo conforme os interesses do usuário. Neste sistema de recomendação baseado em conhecimento utilizou-se a modelagem desenvolvida com o software Protégé.

O **Protégé** é um editor de ontologias open-source e *framework* para desenvolvimento de sistemas inteligentes. É desenvolvido e mantido pelo *Stanford Center for Biomedical Informatics Research* (BMIR). A ferramenta Protégé é disponibilizada em duas versões, sendo estas respectivamente destinadas para as plataformas desktop e *Web*. A versão Protégé para desktop apoia a criação e edição de uma ou mais ontologias em um único espaço de trabalho

através de uma interface de usuário personalizável. Ferramentas de visualização, integradas por meio de plug-ins, permitem a navegação interativa nas relações da ontologia. Também oferece ferramenta para verificação de inconsistências, fusão de ontologias, consulta de dados via linguagem SPARQL e raciocínio utilizando máquinas de inferências. Já a versão para *Web*, chamada de *WebProtégé*, oferece como principais características que não estão presentes na versão desktop: ferramentas colaborativas, tais como compartilhamento e permissões, notas e discussões, e e-mails de notificação; acompanhamento de revisões e histórico de alterações; interface *Web* customizável; e múltiplos formatos para upload e download de ontologias.

O modelo ontológico aqui proposto foi construído em OWL e tem o usuário como seu elemento central. O modelo é apresentado em quatro dimensões de informações: informações do usuário, informações sobre localização, informações sobre os elementos tecnológicos e informações sobre os pontos de interesse. Na Figura 4.2 apresentada o modelo proposto no estudo de caso da cidade de Cotiporã.

Figura 4.2 -Modelo desenvolvido



Fonte: Autora, 2020

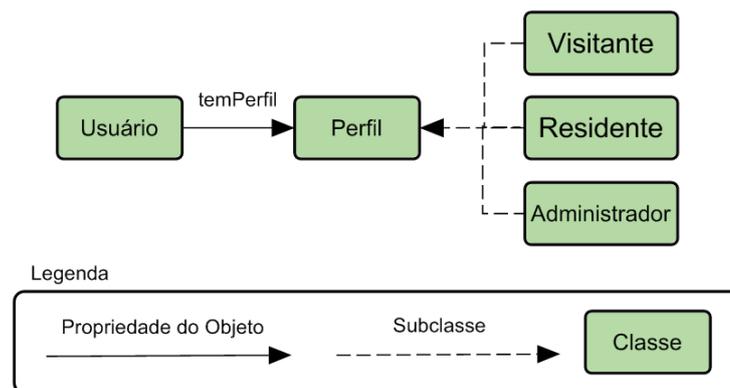
O **Modelo desenvolvido** apresentado na figura 4.2 demonstra as trajetórias de

informações que serão relevantes para compor o estudo de caso para cidades inteligentes:

- A **pessoa** necessita ter um perfil criado, seja administrador, visitante ou residente. Ao se cadastrar no sistema o usuário necessita informar nome, e-mail, senha, seu perfil de usuário (exemplo visitante ou residente), seu ponto de interesse e idade.
- O **assunto** será a secretaria do município responsável pela área, por exemplo (turismo, saúde etc.). O setor estará diretamente interligado com o assunto ao qual se destina.
- O **ponto de interesse** contempla o assunto e a localização para gerar a recomendação.
- A **localização**, será baseada no GPS do dispositivo. Mas o usuário necessita habilitar esta localização seja no notebook, tablet, smartphone ou desktop.

Na figura 4.3 a seguir representa o modelo usuário encontrado na proposta ontológica.

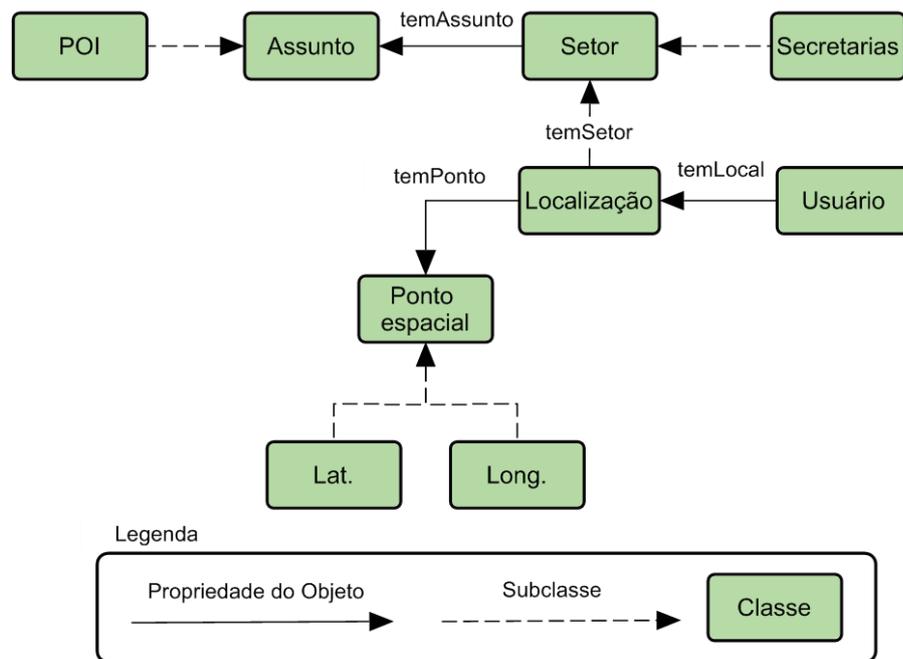
Figura 4.3 - Modelo usuário



Fonte: Autora, 2020

Na figura 4.3 Modelo do Usuário, apresento o perfil administrador do usuário que será para configurar as especificidades presentes no sistema e adaptado para melhor utilização dos demais usuários. Já o perfil visitante, se supõe que ele não reside na cidade, mas pode conhecer a cidade, como pode não conhecer a cidade. Já o perfil residente conhece a cidade, mas talvez não possua todas as informações que a administração pública disponibilize em relação a serviços ofertados. Na figura 4.4 a seguir será apresentado a forma, através latitude e longitude será localizado os POIs.

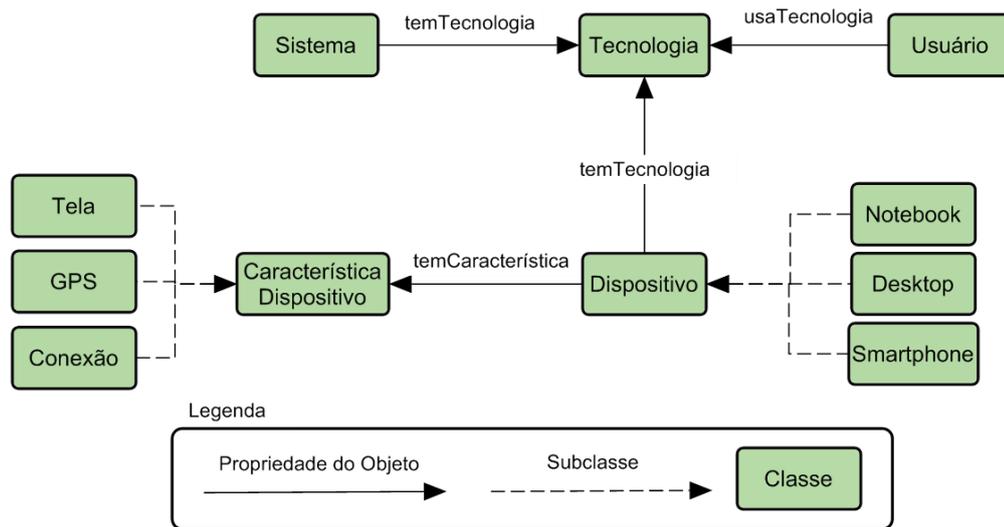
Figura 4.4 - Modelo de localização do Ponto de Interesse



Fonte: Autora, 2020

O modelo de localização do ponto de interesse demonstrado na figura 4.4, demonstra o fluxo de transividade. Sendo que o usuário acessa seu dispositivo tecnológico e com seu GPS ativado demarca uma localização no sistema. Pesquisa no Google o nome Cotiporã, acessando o site da cidade encontra um menu cidade inteligente que dá acesso ao servidor onde está localizado a base de conhecimento. Ao preencher os dados solicitados, o sistema baseado na localização do usuário recomenda pontos turísticos ou serviços ofertados pelo setor da saúde. Na próxima figura 4.5 apresenta as interligações tecnológicas necessária na constituição da proposta.

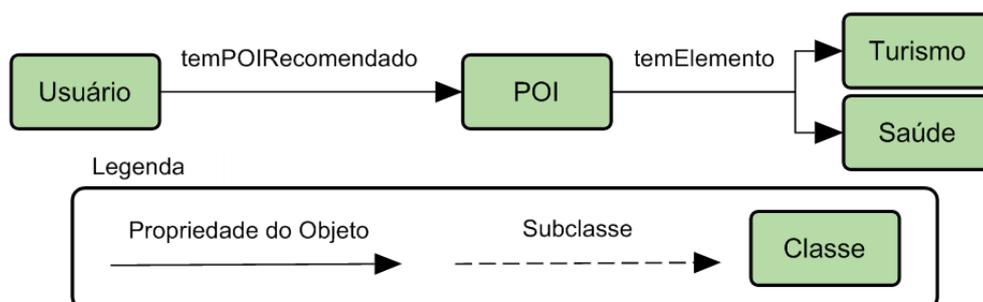
Figura 4.5 - Modelo conexões tecnológicas



Fonte: Autora, 2020

Conforme apresentado na figura 4.5, podemos perceber que as tecnologias envolvidas necessitam de conexões entre elas para recomendar os pontos de interesse indicados pelo usuário através da sua localização. Ao acessar seu dispositivo seja ele móvel ou portátil o sistema cria determinadas conexões. Como acessar a internet móvel ou wifi local, que acessa um provedor seja ele de tecnologias móvel ou fixa. Que busca resposta ou através dos satélites, ou através dos caminhos de fibra até o provedor. Após acessar a internet, acessa o servidor do google, onde realiza a busca Cotiporã, por exemplo. Abrindo o site da prefeitura de Cotiporã, abre o link cidade inteligente, preenche os dados. E as regras SWRL através do API Jena utilizado, retorna o resultado da recomendação ao usuário. Na Figura 4.6 demonstra-se que um usuário tem POIs que resulta em recomendações.

Figura 4.6 - Modelo de recomendação de pontos de interesse



Fonte: Autora, 2020

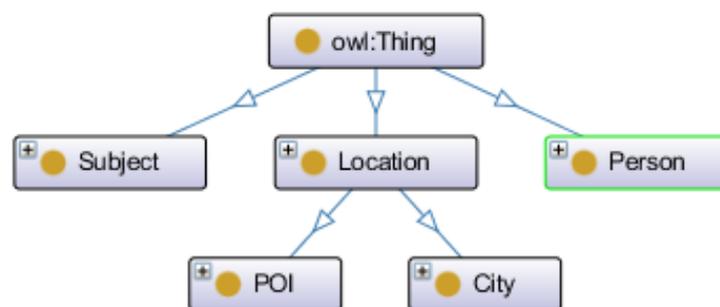
Na figura 4.6, um determinado usuário, seja visitante ou residente, possui um interesse ao acessar o sistema. O mesmo através da localização do usuário e baseado no filtro

que ele seleciona. Retorna a recomendação dos pontos de interesse encontrados na demarcação deste filtro dentro da ontologia. No próximo capítulo, será abordado a modelagem reutilizada na construção da ontologia.

4.3.3. Modelagem Utilizada

Na modelagem base do sistema serão definidos os tópicos mais relevantes que irão compor as “Classes de Ontologia e suas principais relações” apresentado na Figura 4.7

Figura 4.7 - Classes de Ontologia e suas principais relações



Fonte: Autora (2020)

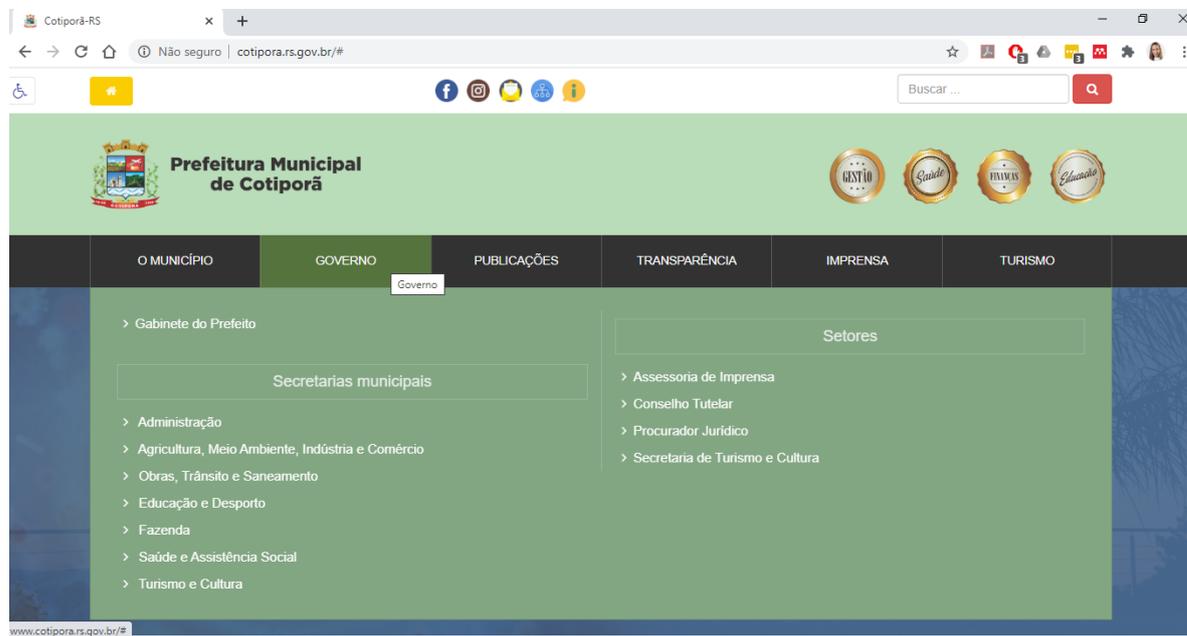
A classe *Subject* contém as áreas de interesse de uma cidade, exemplo turismo, serviços de saúde. A classe *Person* contém as subclasses visitantes e residentes. A classe *City* contém as cidades adicionadas na modelagem. A classe *POI* contém, por exemplo, os pontos turísticos, pontos de serviços de saúde. A classe *location* contém a latitude e longitudes dos POIs. O sistema se fundamenta na localização da pessoa que é obtida através da API *OpenRouteService* que coleta dados do Open Street Maps e é comparada com a localização dos POIs *nearOf* (perto de) 50 metros por exemplo, se a API devolve que o POI está a 50 metros da pessoa, então a propriedade *nearOf* (perto de) fica *true* (verdadeira) e encaixa na regra que gera a recomendação.

Uma *Person* ao acessar o sistema, informa se é visitante ou residente e qual é seu interesse, se é turismo ou saúde. Através desses dados os sistemas relacionam-se com as classes no momento da inferência da regra para ao final gerar a recomendação. Portanto o trajeto

percorrido dentro do modelo ontológico relaciona-se da seguinte forma: *Person* é visitante, por exemplo, *hasInterestIn* (tem interesse em) *subject* (turismo ou saúde), o sistema analisa se a *person* é *residentIn* (reside em) *city* (Cotiporã), analisa a localização atual da *Person* e se a *city* *hasPOI* (tem pontos de interesse) e quais POIs estão *nearOf* (perto de) *Location*, ao final relaciona-se com o resultado *hasRecommendedItem* (tem recomendação item) que *contemplates* (contempla) os POIs encontrados na ontologia.

Na busca em adaptar o modelo para o estudo de caso da cidade de Cotiporã, buscou-se referências no site da prefeitura municipal, que está disponível na figura 4.8 a nomenclatura dos setores denominados secretarias municipais, que atendem a maior gama de serviços solicitados pela cidade.

Figura 4.8 - Site da Prefeitura de Cotiporã indicando os setores

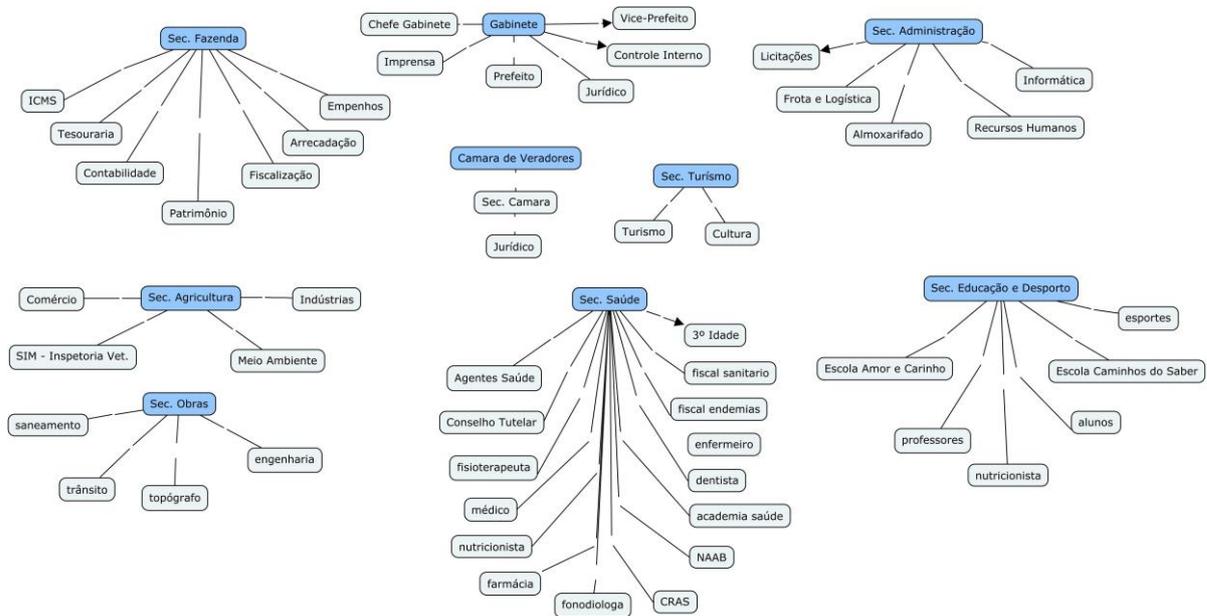


Fonte: Site www.cotipora.rs.gov.br(2020)

A gestão de um órgão público é organizado e composto por setores e secretarias municipais, a principal organização da Prefeitura Municipal de Cotiporã é apresentada na figura 4.8, menu governo: Gabinete do Prefeito; Administração; Agricultura, Meio Ambiente, Indústria e Comércio; obras, trânsito e saneamento; Educação e Desporto; Fazenda; Saúde e Assistência Social; Turismo e Cultura; Esta representação apresentada é de fundamental análise para demarcação dos setores e serviços disponíveis na cidade, para iniciar a modelagem da ontologia. A seguir na figura 4.9, temos um detalhamento através do mapa conceitual, dos

setores interrelacionados a cada secretaria correspondente:

Figura 4.9 - Mapa conceitual dos Setores da Prefeitura de Cotiporã



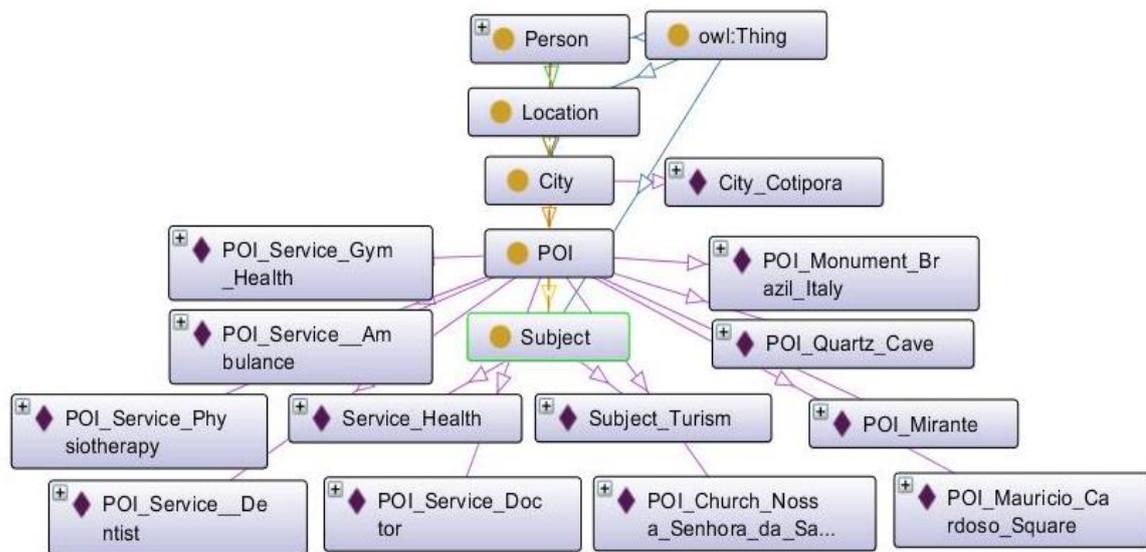
Fonte: Autora, 2020

No mapa conceitual apresentado na figura 4.9, demonstrando as secretarias representadas pelos principais setores:

- Gabinete do Prefeito:
- Administração:
- Agricultura, Meio Ambiente, Indústria e Comércio:
- Obras, trânsito e saneamento;
- Educação e Desporto:
- Fazenda;
- Saúde e Assistência Social:
- Turismo e Cultura:

No modelo com POIs apresentados na figura 4.10, podemos observar a modelagem proposta com as instancias relacionadas a cidade de Cotiporã.

Figura 4.10 - Modelo com pontos de interesse de Cotiporã



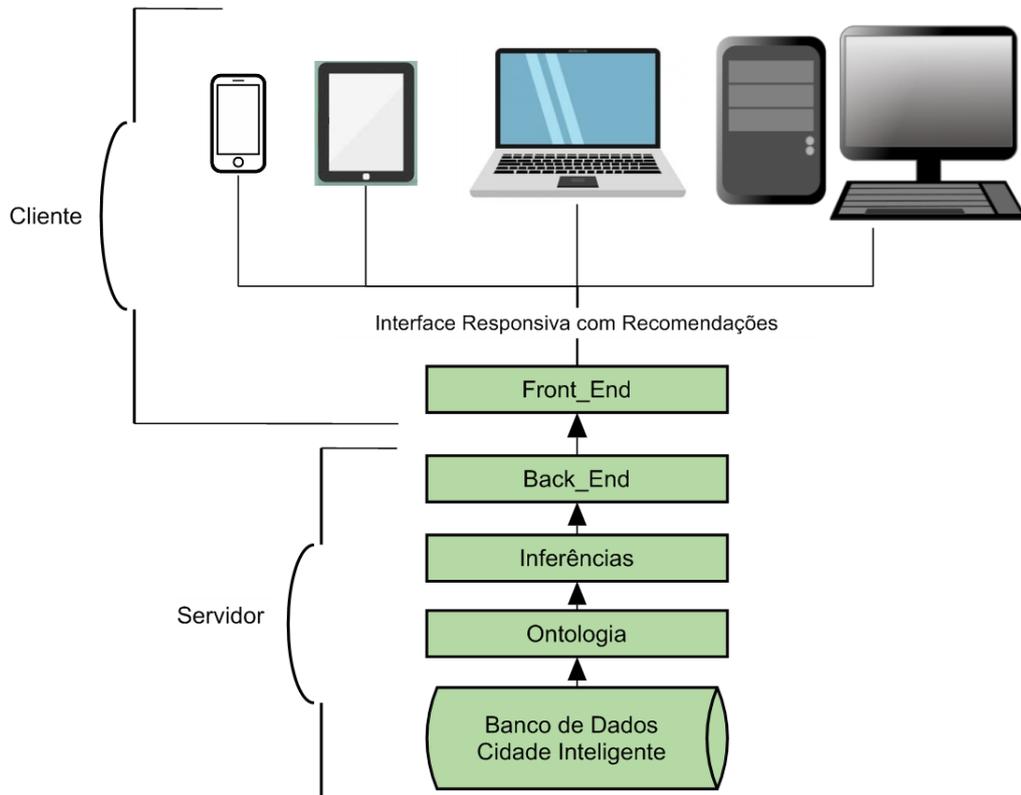
Fonte: Autora, 2020

Na figura 4.10, foram apresentadas as instancias populadas (pontos de interesse) na modelagem ontológica, composta por: Turismo: Gruta de Quartzo, Igreja Matriz Nossa Senhora da Saúde, Mirante, Praça Maurício Cardoso, Monumento Brasil Itália. Serviços de Saúde: Serviços Médicos, Academia de Saúde, Fisioterapia, Ambulância, Dentista. No próximo capítulo será apresentado a arquitetura desenvolvida para o desenvolvimento da proposta.

4.4. Arquitetura do Sistema

A arquitetura desenvolvida é apresentada na figura 4.11, segmentada em cliente e servidor. A etapa cliente da proposta sucede em uma interface responsiva que receberá o resultado da recomendação através da localização do dispositivo do usuário. O *front_end* utiliza recursos tecnológicos para converter e adaptar a interface aos diversificados dispositivos. A etapa servidor engloba o *back_end* que é o conjunto de recursos que encontramos por trás da interface.

Figura 4.11 - Arquitetura desenvolvida



Fonte: Autora, 2020

Podemos observar o fluxo da arquitetura da figura 4.11 e as tecnologias envolvidas nessa proposta são:

Na **demarcação cliente** que representa o *front_end* utiliza as tecnologias HTML, JAVASCRIPT, CSS e Java para comunicar com o *back_end* e resultar na interface as recomendações de interesse ao usuário.

Na **demarcação servidor** que representa o *back_end* utiliza regras de **inferência** SWRL que através de reasoners realiza os filtros dentro da **ontologia**, com a finalidade de dar os resultados dos POIs para o usuário em sua interface. Para a modelagem ontológica foi utilizado a ferramenta Protégé que possibilita através da linguagem OWL desenvolver propostas de organização do conhecimento, através de classes, propriedades, sujeitos e instancias, relacionando as classes e informações pertinentes para as classificações metodológicas necessárias.

Na **demarcação servidor** ainda foram utilizados o *application programming interface* (API) **Jena**. Ele é uma estrutura da Web Semântica de software livre para desenvolvimento na

Figura 4.13 - Segunda Tela do Sistema

Fonte: Autora, 2020

A Figura 4.13 apresenta o formulário para preenchimento do registro no sistema, o nome, e-mail e senha do usuário para que posteriormente possa acessar a terceira tela que será o formulário de busca para gerar os pontos de interesse recomendados. A figura 4.14 então traz a terceira tela do sistema que aparece na sequência.

Figura 4.14 - Terceira Tela do Sistema

Fonte: Autora, 2020

A Figura 4.14 apresenta a terceira tela do sistema, que é onde informamos se o usuário é visitante ou residente da cidade, qual a sua idade e o que procura em Cotiporã. Após clica no botão buscar para retornar o resultado com os pontos de interesse próximos baseados em sua localização. A figura 4.15 traz a quarta tela do sistema que aparece na sequência com a

recomendação dos pontos turísticos.

Figura 4.15 - Quarta Tela do Sistema



Fonte: Autora, 2020

A Figura 4.15 apresentou a quarta tela do sistema, que retornar o resultado com os pontos de interesse em turismo próximos a localização da pessoa. A figura 4.16 traz a quinta tela do sistema que aparece na sequência com a recomendação dos serviços da área da saúde.

Figura 4.16 - Quinta Tela do Sistema



Fonte: Autora, 2020

A Figura 4.16 apresentou a quinta tela do sistema, que retornar o resultado com os pontos de interesse em serviços de saúde próximos a localização da pessoa. Para realização do seguinte estudo de caso, detalhado nas próximas seções, serão apresentadas as regras lógicas

SWRL adicionadas dentro da modelagem ontológica instanciada.

4.6. Considerações Finais

Neste capítulo foram descritas as funcionalidades do sistema, as etapas da metodologia utilizada para a modelagem ontológica e como foram construídas cada etapa da proposta. Como foram levantados e demarcados os pontos de interesse dentro do Open Street Maps, como é a organização, arquitetura do sistema e as interfaces construídas. Buscou-se compreender o processo de construção de ontologias na prática, através de pesquisa aplicada qualitativa. Além disso, trata-se de uma pesquisa exploratória na qual o pesquisador buscou obter maior familiaridade com o assunto da pesquisa. Como contribuição para sistemas de recomendação de serviços para cidades inteligentes, fundamentado em uma ontologia é a semântica que traz a aplicação. Em relação aos métodos e procedimentos técnicos realizados, este é um estudo de caso que investiga a prática da construção de uma base de conhecimento utilizando uma ontologia no contexto de cidades inteligentes que será mais detalhado no próximo capítulo.

5. ESTUDO DE CASO

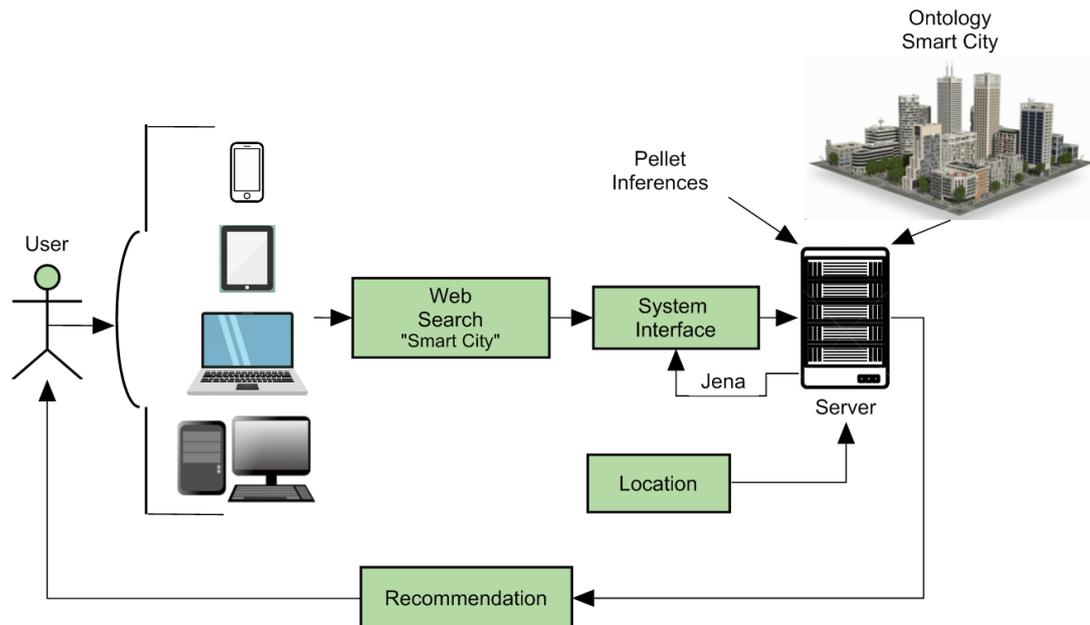
Existem diversas definições para estudos de caso conforme descrever Wohlin et al. (2012), sendo o método experimental o mais focado na investigação de casos coexistente em um determinado contexto. Dresch, Lacerda e Antunes (2015) relatam que estudos de caso são valiosos, pois, permitem detalhar a investigação e o entendimento do problema com maior profundidade baseados em fontes de dados diversas. Para a efetivação do estudo de caso expõem-se as possibilidades de utilização, onde é relatado demonstrações de caso sobre recomendações feitas, baseada na localização do usuário e nas possibilidades de resultado. Na organização a seguir relatasse sobre os *reasoners* que são os mecanismos de inferência utilizados na proposta e para finalizar apresenta-se dois cenários de aplicação de regras SWRL que gera os filtros da recomendação, o cenário 1 turismo e o cenário 2 saúde.

5.1. Possibilidade de Utilização

A abordagem proposta possui várias possibilidades de utilização, neste estudo de caso foram testados para dois setores, turismo e saúde (que serão detalhados no capítulo 5.2), porém existe a viabilidade de aplicar as demais áreas de uma cidade. Por exemplo, recomendar informações ou serviços relacionados ao meio ambiente, ao comércio, as indústrias, a educação, entre outros.

Na figura 5.1 será apresentado a arquitetura do funcionamento da proposta, com as etapas de possibilidades de utilização: o usuário em busca de recomendações de interesses e serviços de uma cidade, acessa um dos dispositivos disponíveis, conecta a um navegador web e busca o site da cidade, ao abrir o site, clica no menu disponível cidades inteligentes, realizando o login no sistema. A interface conecta ao servidor onde está armazenado a base de dados da cidade, comunicando o dispositivo e buscando sua localização através dos dados encontrados. No servidor encontra a ontologia e as regras lógicas que filtram as preferências do usuário, retornando o filtro como resposta para a interface do dispositivo.

Figura 5.1 – Arquitetura da Proposta



Fonte: Autora, 2020

A recomendação auxilia diminuindo o tempo de busca pelos pontos turísticos ou serviços disponibilizados pela saúde, dentre outras possibilidades de áreas futuras que poderão ser adicionadas a proposta.

5.2. Inferências sobre Regras para Recomendação

Um *reasoner* é um raciocinador semântico, capaz de deduzir e inferir sequências lógicas e retornar um resultado possivelmente preciso. Nesta proposta, através de um conjunto de regras lógicas SWRL eles filtram e retornam uma recomendação baseada na localização do usuário. Os *reasoners* ou motores de inferências possibilitam a busca de conhecimento necessária para a resolução de um problema. As inferências propiciam a tomada de decisão a partir de axiomas que são lógicas traduzidas em expressões verdadeiras. Dentre os motores de inferências utilizados para lógicas em inferências e na Web Semântica, apresentamos alguns: *ELK Reasoner*, *FaCT++ Reasoner*, *Hermit Reasoner*, *Ontop Reasoner* e *Apache Jena, Pellet*, esses motores de inferência podem ser chamados de *Semantic Reasoner*. Neste projeto foi utilizado o motor de inferências *Pellet* através da ferramenta *Protégé*, pois contém um conjunto completo de características, é *open source*, possui maior expressividade de lógica descritiva combinando com dois perfis nativos, total classificação incremental, suporte a regras swrl (MEDEIROS

MACHADO; PALAZZO MOREIRA DE OLIVEIRA, 2014).

A W3C recomenda a linguagem de regras SWRL, por possuir maior utilização e relevância na web. Ela baseia-se na linguagem OWL, utilizando seu conjunto de axiomas para construção das regras (HORROCKS et al., 2004). A criação das regras divide-se em duas etapas: a primeira que é a construção das regras lógicas SWRL e a segunda etapa é a inferência dessa regra caso sua expressão for verdadeira. A inferência agrega a base de dados o resultado da regra que é a recomendação do ponto de interesse relacionado a cidade. As regras SWRL são a base para agregar interoperabilidade aos sistemas na web semântica (O’CONNOR et al., 2005). As regras são compostas por antecedente (corpo) -> conseqüente (cabeça) conforme apresenta o (MOREIRA, 2017). Um exemplo padrão da sintaxe SWRL é:

$$\text{hasParent}(?x1, ?x2) \wedge \text{hasBrother}(?x2, ?x3) \Rightarrow \text{hasUncle}(?x1, ?x3)$$

A regra apresentada acima lê-se da seguinte forma:

Caso o indivíduo instanciado em **x1** tem um pai (**hasParent**), **x2** e se **x2** tem um irmão (**hasBrother**), **x3**, então **x3** tem tio (**hasUncle**) de **x1**. Os objetos da propriedade encontrados nesta regra são: hasParent, hasBrother, hasUncle. Desta maneira, “Pedro” hasParent “Ana” e “Ana” hasBrother “Carlos”, um motor de inferência com a regra acima consegue inferir o fato “Pedro” hasUncle “Carlos”.

A seguir foram testadas duas regras cujas condições permitem a realização de recomendação específicas na identificação de classificações.

5.2.1. Cenário 1 – Turismo

Maria é uma visitante da cidade de Cotiporã que está interessada em conhecer os pontos turísticos. Durante um passeio pela cidade, Maria acessa o site de Cotiporã e encontra o menu cidade inteligente. Ao realizar o cadastro no sistema digita seu nome, idade, e interesse turismo. Ao clicar em buscar, o sistema internamente infere uma regra que retorna o resultado da recomendação a Maria com o nome de todos os pontos turísticos cadastrados na ontologia baseado a 50 metros de seu ponto atual de localização. Na figura 5.2 a seguir é apresentado o modelo aplicado ao turismo.


```
swrlb:lessThan(?age, 59) ^
smart_city_ontology:Person(?p) -> smart_city_ontology:Adult(?p)
```

Baseado nessas informações podemos realizar filtros por interesses identificando a idade, essa regra apresentada acima determina se a pessoa é adulta ou não. Caso não tenha essa informação inferida, segue testando as próximas duas regras para ver se a pessoa é criança ou idoso. Pode-se ler a regra tem idade(hasAge), pessoa (?p), idade (?age), é maior que (greaterThan), idade (?age), 19 anos e menor que (lessThan), idade (?age), 59 anos, então a pessoa (person=?p) resulta que é Adulto (Adult,?p).

Está regra filtra se a pessoa é criança:

```
swrlb:greaterThan(?age, 0) ^
smart_city_ontology:hasAge(?p, ?age) ^
swrlb:lessThan(?age, 19) ^
smart_city_ontology:Person(?p) -> smart_city_ontology:Child(?p)
```

Caso não seja adulto (primeira regra testada), testa a regra apresentada acima para ver se a pessoa é uma criança. Pode-se ler a regra é maior que (greaterThan), idade (?age), 0 (zero) anos tem idade(hasAge), pessoa (?p), idade (?age), e menor que (lessThan), idade (?age), 19 anos, então a pessoa (person=?p) resulta que é criança (Child,?p).

Está regra filtra se a pessoa é idosa:

```
smart_city_ontology:hasAge(?p, ?age) ^
swrlb:greaterThan(?age, 59) ^
smart_city_ontology:Person(?p) -> smart_city_ontology:Senior(?p)
```

Caso não seja adulto (primeira regra testada) e nem criança (segunda regra testada) testa a regra apresentada acima para ver se a pessoa é um idoso. Pode-se ler a regra tem idade(hasAge), pessoa (?p), idade (?age), é maior que (greaterThan), idade (?age), 59 anos, então a pessoa (person=?p) resulta que é idoso (Senior,?p).

Baseado nessas informações podemos realizar filtros por interesses identificando a idade, essa regra apresentada acima determina se a pessoa é adulta ou não. Caso não tenha essa

informação inferida, segue testando as próximas duas regras para ver se a pessoa é criança ou idoso.

Após inferir a regra para ver se a pessoa é adulto, criança ou idoso, vai para a regra apropriada conforme a idade e infere gerando a recomendação conforme a localização e a preferência (assuntos de interesse - subjects) da pessoa. A seguir podemos analisar a regra lógica apresentada na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Regra Lógica Aplicada a Adulto

smart_city_ontology:hasInterestIn(?p, ?s) ^ smart_city_ontology:hasLocation(?p, ?l) ^ smart_city_ontology:distantFromUser(?poi, ?dfu) ^ smart_city_ontology:isForAdult(?poi, true) ^ smart_city_ontology:nearOf(?poi, ?l) ^ smart_city_ontology:POI(?poi) ^ smart_city_ontology:Subject(?s) ^ smart_city_ontology:Adult(?p) ^ smart_city_ontology:closeDistForMe(?p, ?cd) ^ swrlb:lessThan(?dfu, ?cd) ^ smart_city_ontology:Person(?p) ^ smart_city_ontology:contemplates(?poi, ?s) -> smart_city_ontology:hasRecommendedItem(?p, ?poi)	smart_city_ontology:hasInterestIn(?Maria, ?turismo)^ smart_city_ontology:hasLocation(?Maria, ?Praça Mauricio Cardoso) ^ smart_city_ontology:distantFromUser(?Gruta de Quartzo, ?38 metros) ^ smart_city_ontology:isForAdult(?Gruta de Quartzo, true) ^ smart_city_ontology:nearOf(?Gruta de Quartzo, ? Praça Mauricio Cardoso) ^ smart_city_ontology:POI(?Gruta de Quartzo) ^ smart_city_ontology:Subject(?turismo) ^ smart_city_ontology:Adult(?Maria) ^ smart_city_ontology:closeDistForMe(?Maria, ?50 metros) ^ swrlb:lessThan(?38, ?50) ^ smart_city_ontology:Person(?Maria) ^ smart_city_ontology:contemplates(?Gruta de Quartzo, ?turismo) -> smart_city_ontology:hasRecommendedItem(?Maria, ? Gruta de Quartzo)
---	--

Fonte: Autora, 2020

Através dessa regra apresentada o sistema captura a localização do usuário, processa as distâncias para todos os POIs presentes na ontologia e faz a inferência para recomendação

seguindo as regras conforme a idade da pessoa e o assunto de interesse turismo. Essa regra executada gera a lista de itens recomendados apresentados na figura 5.3.

Figura 5.3 – Regra Inferida dos POIs para Turismo

Fonte: Autora, 2020

Como podemos observar na figura 5.3 os tópicos selecionados em amarelo são as recomendações retornadas a partir das regras inferidas na ontologia. Maria é uma pessoa visitante da cidade, adulta conforme a idade que informou no sistema que é 50 anos (por exemplo). Está localizada na praça central Maurício Cardoso, tem interesse em turismo e os pontos de interesse próximos retornados a interface através do API Jena, são a Igreja Matriz Nossa Senhora da Saúde e a Gruta de Quartzzo na distancia de 50 metros.

5.2.2. Cenário 2 – Saúde

Paula é uma residente da cidade de Cotiporã que está interessada em conhecer os *health services*. Durante um passeio pela cidade, Paula acessa o site de Cotiporã e encontra o menu cidade inteligente. Ao realizar o cadastro no sistema digita seu nome, idade, e interesse *health services*. Ao clicar em buscar, o sistema internamente infere uma regra que retorna o resultado da recomendação a Paula com o nome de todos os *health services* cadastrados na ontologia. Baseado a 50 metros de seu ponto atual de localização (por exemplo). Na figura 5.4

smart_city_ontology:nearOf(?poi, ?l) ^ smart_city_ontology:POI(?poi) ^ smart_city_ontology:Subject(?s) ^ smart_city_ontology:closeDistForMe(?p, ?cd) ^ smart_city_ontology:Child(?p) ^ swrlb:lessThan(?dfu, ?cd) ^ smart_city_ontology:Person(?p) ^ smart_city_ontology:contemplates(?poi, ?s) -> smart_city_ontology:hasRecommendedItem(?p, ?poi)	smart_city_ontology:hasLocation(?Paula, ?Praça Mauricio Cardoso) ^ smart_city_ontology:distantFromUser(?fisioterapia, ?20 metros) ^ smart_city_ontology:nearOf(?fisioterapia, ?Praça Mauricio Cardoso) ^ smart_city_ontology:POI(?fisioterapia) ^ smart_city_ontology:Subject(?serviço de saúde) ^ smart_city_ontology:closeDistForMe(?Paula, ?50 metros) ^ smart_city_ontology:Child(?Paula) ^ swrlb:lessThan(?50, ? 20) ^ smart_city_ontology:Person(?Paula) ^ smart_city_ontology:contemplates(?fisioterapia, ?serviço de saúde) -> smart_city_ontology:hasRecommendedItem(?Paula, ?fisioterapia)
--	---

Fonte: Autora, 2020

Através dessa regra apresentada o sistema captura a localização do usuário, processa as distâncias para todos os POIs presentes na ontologia e faz a inferência para recomendação seguindo as regras conforme a idade da pessoa e o assunto serviços de saúde. Essa regra executada gera a lista de itens recomendados apresentados na figura 5.5.

Figura 5.5 – Regra Inferida dos POIs de Serviços de Saúde

Fonte: Autora, 2020

Como podemos observar na figura 5.5 os tópicos selecionados em amarelo são as recomendações retornadas a partir das regras inferidas na ontologia. Paula é uma pessoa residente da cidade, criança conforme a idade que informou no sistema que é 10 anos. Está localizada na praça central Maurício Cardoso, tem interesse em serviços de saúde e os pontos de interesse próximos retornados a interface através do API Jena, são a academia de saúde, os serviços em fisioterapia, ambulância e o médico na distância de 50 metros.

Para executar regras swrl, foi utilizado um reasoner automatizado denominado Pellet, conforme apresentado nas figuras 5.3 e 5.5, o reasoner testa e infere os dados das regras através do motor de inferências na base ontológica. A seguir na tabela 5.3 encontra-se a regra caso a pessoa for idosa, a regra segue igual as anteriores recomendando o assunto conforme a localização porém mudando a faixa etária da pessoa para idosa.

Tabela 5.3 – Regra Lógica Aplicada a Pessoa Idosa

```
smart_city_ontology:hasInterestIn(?p, ?s) ^
smart_city_ontology:hasLocation(?p, ?l) ^
smart_city_ontology:distantFromUser(?poi, ?dfu) ^
smart_city_ontology:isForSenior(?poi, true) ^
```

```
smart_city_ontology:Senior(?p) ^  
smart_city_ontology:nearOf(?poi, ?l) ^  
smart_city_ontology:POI(?poi) ^  
smart_city_ontology:Subject(?s) ^  
smart_city_ontology:closeDistForMe(?p, ?cd) ^  
swrlb:lessThan(?dfu, ?cd) ^  
smart_city_ontology:Person(?p) ^  
smart_city_ontology:contemplates(?poi, ?s) ->  
smart_city_ontology:hasRecommendedItem(?p, ?poi)
```

Fonte: Autora, 2020

Foram demarcadas recomendações conforme a classificação criança, adulto ou idoso, pois conforme a faixa etária pode variar a necessidade por serviços em saúde ou pontos turísticos.

5.3. Considerações Finais

Neste capítulo foram analisadas as possibilidades de utilização do protótipo e as regras swrl desenvolvidas para inferir e resultar os filtros que gera a recomendação dos pontos de interesse seja no turismo ou na saúde. Os experimentos mostraram a técnica baseada em conhecimento que usam descrições semânticas nos resultados do cenário de usuários ao receber recomendações baseado em sua localização. O próximo capítulo conclui este documento, elencando as principais contribuições, trabalhos realizados e apresentando algumas propostas de trabalhos futuros.

6. CONCLUSÃO

Com base na questão pesquisa apresentada na dissertação de como uma cidade inteligente pode se beneficiar por um modelo de sistema de recomendação de serviços baseado em ontologia de domínio. Foi proposto um sistema de recomendação baseado em conhecimento construído através de uma ontologia para filtrar os melhores pontos de interesse baseado na localização da pessoa. O sistema foi avaliado através de um estudo de caso envolvendo uma cidade da região do sul do Brasil, Cotiporã. Os dados da cidade foram utilizados para popular uma ontologia e, a partir de regras SWRL foram geradas as recomendações, demonstrando o potencial de uma ontologia em auxiliar uma pessoa em uma cidade. Foram testadas duas regras SWRL, uma para pontos de interesse em turismo e outra para serviços de saúde.

Uma interface simples, intuitiva, que se adapta a qualquer dispositivo e que saiba identificar os desejos do usuário que interagir no sistema, facilita a comunicação e simplifica a vida das pessoas. A modelagem ontológica é populada com dados da cidade onde são adicionadas latitude e longitude baseados nos dados do *Open Street Maps* e inferido regras SWRL para filtrar conforme a localização do usuário os pontos de interesse mais próximos.

Como limitações o sistema de recomendação é desenvolvido para uma cidade de pequeno porte com 3900 habitantes e poucos pontos turísticos e serviços de saúde, contendo poucos indivíduos modelados na ontologia, caso o sistema for aplicado a uma cidade de maior porte são necessárias adequações a realidade da quantidade de informações da cidade.

Como trabalhos futuros, pretende-se validar a abordagem desenvolvida com visitantes e residentes da cidade e expandir o sistema para gerar recomendação de outros pontos de interesse e analisar as recomendações retornadas pelo protótipo.

7. REFERÊNCIAS

ABBAR, S.; BOUZEGHOUB, M.; LOPEZ, S. Context-Aware Recommender Systems: A Service-Oriented Approach. p. 6, 2009.

ABDALA, L. N.; SCHREINER, T. COMO AS CIDADES INTELIGENTES CONTRIBUEM PARA O DESENVOLVIMENTO DE CIDADES SUSTENTÁVEIS? UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA. v. 3, p. 23, 2014.

ABIKO, A.; DE MORAES, O. B. Desenvolvimento urbano sustentável. p. 29, 2009.

ACHICHI, M. et al. **Automatic Key Selection for Data Linking**. EKAW: Knowledge Engineering and Knowledge Management. **Anais...: Knowledge Engineering and Knowledge Management**.Bologne, Italy: Springer International Publishing, nov. 2016Disponível em: <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01407832>>. Acesso em: 2 dez. 2020

ALEXANDRA, M.; ALVARENGA, L.; OLIVEIRA, A. O nível do conhecimento e os instrumentos de representação: tesouros e ontologias. **Datagramazero**, v. 5, p. 1, 1 jan. 2004.

ATTARD, J. et al. A systematic review of open government data initiatives. **Government Information Quarterly**, v. 32, n. 4, p. 399–418, 1 out. 2015.

AUGUSTO, H. DOS A.; RIBEIRO, E. M. O envelhecimento e as aposentadorias no ambiente rural: um enfoque bibliográfico. **Organizações Rurais & Agroindustriais**; v. 7, n. 2 (2005), 4 maio 2015.

AZEVEDO, A. L. M. DOS S. **IBGE - Educa | Jovens**. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

BABLI, M.; ONAINDIA, E.; MARZAL, E. Extending planning knowledge using ontologies for goal opportunities. **arXiv:1904.03606 [cs]**, 7 abr. 2019.

BALLATORE, A.; BERTOLOTTI, M. Personalizing Maps. **Communications of the ACM**, v. 58, p. 68–74, 1 dez. 2015.

BANERJEE, A.; ROBERT, R.; HORN, M. **FieldGuide: Smartwatches in a Multi-display Museum Environment**. 20 abr. 2018

BAO, J. et al. Recommendations in location-based social networks: a survey. **GeoInformatica**, v. 19, n. 3, p. 525–565, 1 jul. 2015.

BENITO-OSORIO, D. et al. Web 5.0: the future of emotional competences in higher education. **Global Business Perspectives**, v. 1, n. 3, p. 274–287, 1 set. 2013.

BENNETT, J. **OpenStreetMap**. [s.l.] Packt Publishing Ltd, 2010.

BERNERS-LEE, T. **Linked Data - Design Issues**. Disponível em: <<https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>>. Acesso em: 10 mar. 2020.

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. **ScientificAmerican.com**, 1 maio 2001.

BERRONE, P. et al. **IESE Cities in Motion Index 2018**. [s.l.] Servicio de Publicaciones de la Universidad de Navarra, 2018. Disponível em: <<http://www.ieseinsight.com/fichaMaterial.aspx?pk=148539&idi=2&origen=3>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

BISCHOF, S. et al. Mapping between RDF and XML with XSPARQL. **Journal on Data Semantics**, 11 jun. 2012.

BITTNER, T.; DONNELLY, M.; WINTER, S. Ontology and Semantic Interoperability. 1 jan. 2006.

BREITMAN, K. **Web Semântica: a internet do futuro**. [s.l.] LTC, 2005.

BUKHARI, S. A. C.; MALIK, K. **Semantic Web in the Age of Big Data: A Perspective**. [s.l.: s.n.].

BURKE, R. Hybrid Recommender Systems: Survey and Experiments. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, v. 12, n. 4, p. 331–370, 1 nov. 2002.

CAZELLA, S. C. A Ciência da Opinião: Estado da arte em Sistemas de Recomendação. p. 52, 2010.

CHANG, D. L. Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC. p. 169, 2018.

CODINA, V.; CECCARONI, L. **A Recommendation System for the Semantic Web**. 1 jan. 2010

COLOMO-PALACIOS, R. et al. Towards a social and context-aware mobile recommendation system for tourism. **Pervasive and Mobile Computing**, Special Issue IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications (PerCom) 2016. v. 38, p. 505–515, 1 jul. 2017.

COSTA, L. S. GUILHERME DE OCKHAM: SOBRE A ANÁLISE LÓGICA E AS MÔNADAS. **Problemata - Revista Internacional de Filosofia**, v. 9, n. 2, p. 302–313, 24 ago. 2018.

Cotiporã-RS. Disponível em: <<http://www.cotipora.rs.gov.br/pagina/view/9/historico>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

CUKIER, K.; MAYER-SCHÖNBERGER, V.; IRIARTE JURADO, A. J. **Big data: La revolución de los datos masivos.** [s.l.: s.n.].

CUNHA, R. R. RANKINGS E INDICADORES PARA SMART CITIES: UMA PROPOSTA DE CIDADES INTELIGENTES AUTOPOIÉTICAS. p. 132, 2019.

DE BARROS, A.; SILVEIRA, S. R.; PERTILE, S. SysPaperAdvice: Desenvolvimento de um Protótipo de Sistema de Recomendação de Artigos e Trabalhos Científicos. p. 26, 2016.

DEPINÉ, Á. C. Ecocities e cidades sustentáveis na visão de Cássio Taniguchi. v. 1, n. 1, p. 6–29, set. 2016.

DEPINÉ, Á. C. FATORES DE ATRAÇÃO E RETENÇÃO DA CLASSE CRIATIVA: O POTENCIAL DE FLORIANÓPOLIS COMO CIDADE HUMANA INTELIGENTE. p. 121, [s.d.].

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES, J. A. V. Design Science Research. In: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. (Eds.). . **Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement.** Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 67–102.

FELTONI GURINI, D. et al. Temporal people-to-people recommendation on social networks with sentiment-based matrix factorization. **Future Generation Computer Systems**, v. 78, p. 430–439, 1 jan. 2018.

FERREIRA, V. M. S. A REDE DE CIDADES CRIATIVAS DA UNESCO: UMA PERSPECTIVA DAS CIDADES BRASILEIRAS. p. 165, [s.d.].

FLORIDI, L. **The Blackwell Guide to the Philosophy of Computing and Information.** [s.l.] John Wiley & Sons, 2008.

FONSECA, W. L. et al. CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS DO ÊXODO RURAL NO NORDESTE BRASILEIRO. **Nucleus**, v. 12, n. 1, p. 233–240, 30 abr. 2015.

FRANÇA, S. DOS S. WEB DESIGN RESPONSIVO: CAMINHOS PARA UM SITE ADAPTÁVEL. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, v. 1, n. 2, p. 75–84, 28 maio 2015.

GALLO, D. S. **Monitoramento colaborativo para cidades inteligentes.** Doutorado em Sistemas Digitais—São Paulo: Universidade de São Paulo, 23 set. 2016.

GANGEMI, A. **Ontology Design Patterns for Semantic Web Content.** (Y. Gil et al.,

Eds.)The Semantic Web – ISWC 2005. **Anais...**: Lecture Notes in Computer Science.Berlin, Heidelberg: Springer, 2005

GAO, Q.; YAN, J.; LIU, M. **A Semantic Approach to Recommendation System Based on User Ontology and Spreading Activation Model**. 2008 IFIP International Conference on Network and Parallel Computing. **Anais...** In: 2008 IFIP INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORK AND PARALLEL COMPUTING. out. 2008

GE, J. et al. **An ontology-based method for personalized recommendation**. 2012 IEEE 11th International Conference on Cognitive Informatics and Cognitive Computing. **Anais...** In: 2012 IEEE 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON COGNITIVE INFORMATICS AND COGNITIVE COMPUTING. ago. 2012

GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontology specifications. **Knowledge Acquisition**, v. 5, n. 2, p. 199–220, 1 jun. 1993.

GUARINO, N. What is an ontology. p. 17, 2009.

HARRIS, G. **OWL, DL and Rules Based on slides from Grigoris Antoniou, Frank van Harmele and Vassilis Papataxiarhis. - ppt download**. Disponível em: <<https://slideplayer.com/slide/12761594/>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

HASEGAWA, Y. et al. My City Forecast: Urban planning communication tool for citizen with national open data. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 77, p. 101255, 1 set. 2019.

HAWKE, S. et al. **Terminology - Points of Interest**. Disponível em: <<https://www.w3.org/2010/POI/wiki/Terminology>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

HOLST, A. **Total data volume worldwide 2010-2024**. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/871513/worldwide-data-created/>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

HORROCKS, I. et al. **SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML**. Disponível em: <<https://www.w3.org/Submission/2004/SUBM-SWRL-20040521/>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

IBGE. **Cidades Sustentáveis • IBGE Explica**, 19 jul. 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=am2WOYu4iFc&ab_channel=IBGE>. Acesso em: 2 dez. 2020

ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. I. **Dados abertos conectados**. São Paulo: Novatec, 2015.

JANNACH, D.; ADOMAVICIUS, G. **Recommendations with a Purpose**. Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems. **Anais...**: RecSys '16.New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 7 set. 2016Disponível em:

<<https://doi.org/10.1145/2959100.2959186>>. Acesso em: 3 dez. 2020

JR, H. W. J. Google and the Search for the Future. **Wall Street Journal**, 14 ago. 2010.

KAMBIL, A. What is your Web 5.0 strategy? **Journal of Business Strategy**, v. 29, n. 6, p. 56–58, 1 jan. 2008.

KANG, J.; CHOI, J. **An Ontology-Based Recommendation System Using Long-Term and Short-Term Preferences**. 2011 International Conference on Information Science and Applications. **Anais...** In: 2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SCIENCE AND APPLICATIONS. abr. 2011

LAINCHBURY, H.; OPEN DEFINITION. **Notes from Open Definition Call June 2015 - Open Definition - Defining Open in Open Data, Open Content and Open Knowledge**. Disponível em: <<https://opendefinition.org/2015/08/09/notes-from-open-definition-call-june-2015/>>. Acesso em: 3 dez. 2020.

LUNARDI, G. M.; MACHADO, G. M.; OLIVEIRA, J. P. M. DE. Diversificação de Recomendação em Cidades Inteligentes: Estudo e Estrutura de Abordagem. **Cadernos de Informática**, v. 10, n. 1, p. 28–44, 22 maio 2019.

MAYER, W. et al. Variety Management for Big Data. In: **Semantic Applications: Methodology, Technology, Corporate Use**. [s.l.: s.n.]. p. 47–62.

MEDEIROS MACHADO, G.; PALAZZO MOREIRA DE OLIVEIRA, J. **Context-Aware Adaptive Recommendation of Resources for Mobile Users in a University Campus**. . In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WIRELESS AND MOBILE COMPUTING, NETWORKING AND COMMUNICATIONS. 9 out. 2014

MOREIRA, A. F. M. Assistência à autonomia no domicílio com integração de Automação e Inteligência Artificial. 5 dez. 2017.

MOURA, A. L. T.; AMORIM, D. G. BIG DATA: O IMPACTO E SUA FUNCIONALIDADE NA SOCIEDADE TECNOLÓGICA. **Revista Opara**, v. 4, n. 1, p. 71–83, 16 jul. 2014.

NASCIMENTO., C. UM ARCABOUÇO PARA BUSCA E RECOMENDAÇÃO DE ARTIGOS CIENTÍFICOS. p. 94, 2011.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. p. 25, [s.d.].

NOY, N.; MCGUINNESS, D. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. **Knowledge Systems Laboratory**, v. 32, 1 jan. 2001.

O'CONNOR, M. et al. **Supporting Rule System Interoperability on the Semantic Web with**

SWRL. (Y. Gil et al., Eds.)The Semantic Web – ISWC 2005. **Anais...**: Lecture Notes in Computer Science.Berlin, Heidelberg: Springer, 2005

OJINO, R. O. **Towards an ontology for personalized hotel room recommendation: student research abstract.** Proceedings of the 35th Annual ACM Symposium on Applied Computing. **Anais...**: SAC '20.New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 30 mar. 2020Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/3341105.3374230>>. Acesso em: 2 dez. 2020

OLIVEIRA, C. G. PrefRec: Uma Metodologia para Desenvolvimento de Sistemas de Recomendação utilizando Algoritmos de Mineração de Preferências. p. 100, 2014.

ONU, O. DAS N. U. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 26 out. 2018.

OPEN KNOWLEDGE. **Open Knowledge Internacional publica o Índice Global de Dados Abertos 2015, mapeando o estado dos dados abertos ao redor do mundo | Open Knowledge Brasil,** 2015. Disponível em: <<https://www.ok.org.br/noticia/open-knowledge-internacional-publica-o-indice-global-de-dados-abertos-2015-mapeando-o-estado-dos-dados-abertos-ao-redor-do-mundo/>>. Acesso em: 3 abr. 2017

OSMAN, A. M. S. A novel big data analytics framework for smart cities. **Future Generation Computer Systems**, v. 91, p. 620–633, 1 fev. 2019.

PALUMBO, E. et al. Predicting Your Next Stop-over from Location-based Social Network Data with Recurrent Neural Networks. p. 8, 2017.

PÉREZ-MARTÍNEZ, P.; BALLESTÉ, A.; SOLANAS, A. Privacy in Smart Cities: A case study of smart public parking. **PECCS 2013 - Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Embedded Computing and Communication Systems**, p. 55–59, 1 jan. 2013.

PICKLER, M. E. V. Web Semântica: ontologias como ferramentas de representação do conhecimento. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 12, n. 1, p. 65–83, abr. 2007.

PRASAD, R.; ROHOKALE, V. Internet of Things (IoT) and Machine to Machine (M2M) Communication. In: PRASAD, R.; ROHOKALE, V. (Eds.). . **Cyber Security: The Lifeline of Information and Communication Technology.** Springer Series in Wireless Technology. Cham: Springer International Publishing, 2020. p. 125–141.

QUINTERI, H. S.; MEYER, I. V.; SPECHT, P. C. A CIDADES E COMUNIDADES INTELIGENTES. p. 57, [s.d.].

RAMALHO, R. A. S. Análise do Modelo de Dados SKOS: Sistema de Organização do Conhecimento Simples para a Web. 31 dez. 2015.

REATEGUI, E.; CAZELLA, S. Sistemas de Recomendação. 1 jan. 2005.

RESNICK, P.; VARIAN, H. R. Recommender systems. **Communications of the ACM**, v. 40, n. 3, p. 56–58, 1 mar. 1997.

RICCI, F. et al. (EDS.). **Recommender Systems Handbook**. [s.l.] Springer US, 2011.

ROZENDO, R. G. Avaliação de sistemas de recomendação com uma proposta de um algoritmo híbrido. p. 90, 2017.

SACHS, I.; WEBER, J. Environnement, développement, marché: pour une économie anthropologique. Un entretien avec Ignacy Sachs. **Natures Sciences Sociétés**, v. 2, n. 3, p. 258–265, jul. 1994.

SANSONETTI, G. et al. **Dynamic Social Recommendation**. 2017 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining (ASONAM). **Anais...** In: 2017 IEEE/ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN SOCIAL NETWORKS ANALYSIS AND MINING (ASONAM). jul. 2017Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9069095>>. Acesso em: 6 maio. 2019

SANSONETTI, G. Point of interest recommendation based on social and linked open data. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 23, n. 2, p. 199–214, 1 abr. 2019.

SANTANA, B. S.; WIVES, L. K.; OLIVEIRA, J. P. M. DE. Ontologia para Cidades. **Cadernos de Informática**, v. 10, n. 1, p. 10–14, 26 set. 2018.

SANTOS, F. et al. Using POI functionality and accessibility levels for delivering personalized tourism recommendations. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 77, 1 out. 2017.

SANTOS, F. C.; DE CARVALHO, C. L. Aplicações de Suporte à Web Semântica. p. 26, [s.d.].

SCHIESSL, M. **Lexicalização de ontologias: o relacionamento entre conteúdo e significado no contexto da recuperação da informação**. Doctorate—Brasília: Universidade de Brasília, 16 abr. 2015.

SILVEIRA, R. **O conceito de Cidades Inteligentes e sua aplicabilidade – ImTraff**. Disponível em: <<https://www.imtraff.com.br/cidades-inteligentes/>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

SMIRNOV, A.; KASHEVNIK, A.; PONOMAREV, A. Context-based infomobility system for cultural heritage recommendation: Tourist Assistant—TAIS. **Personal and Ubiquitous Computing**, v. 21, 1 abr. 2017.

SMITH, B.; WELTY, C. Ontology: Towards a New Synthesis. p. 7, [s.d.].

SOOMRO, K. et al. **Smart city big data analytics: An advanced review - Soomro - 2019 - WIREs Data Mining and Knowledge Discovery - Wiley Online Library**.

Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/widm.1319>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

SOUZA, J. L.; MARTINS, P. G. M.; RAMALHO, R. A. S. Modelos de representação semântica na era do Big Data. **Brazilian Journal of Information Science: research trends**, v. 12, n. 3, p. 34 ao 40–34 40, 1 out. 2018.

SPOLADORE, D. et al. RoomFort: An Ontology-Based Comfort Management Application for Hotels. **Electronics**, v. 7, n. 12, p. 345, dez. 2018.

STOYANOVA-DOYCHEVA, A. et al. **DYNAMIC GENERATION OF CULTURAL ROUTES IN A TOURIST GUIDE**. Disponível em: </paper/DYNAMIC-GENERATION-OF-CULTURAL-ROUTES-IN-A-TOURIST-Stoyanova-Doycheva-Ivanova/aa2570f827f20df838d59e3ac3cf8f6b9eac5649>. Acesso em: 2 dez. 2020.

TAKAHASHI, M. M. Estudo comparativo de Algoritmos de Recomendação. p. 50, fev. 2015.

UNCTAD (ED.). **Digitalization, trade and development**. New York Geneva: United Nations, 2017.

VANDERLINDE, T. CAPA: O JEITO LUTERANO DE ATUAR COM OS PEQUENOS AGRICULTORES NO SUL DO BRASIL. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 10, n. 0, 2005.

W3C. **W3C Semantic Web Activity Homepage**. Disponível em: <<https://www.w3.org/2001/sw/>>. Acesso em: 18 jan. 2020.

WASHBURN, D.; SINDHU, U. Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives. **Smart City**, p. 17, 2010.

What Is Web 2.0 - O'Reilly Media. Disponível em: <<https://www.oreilly.com/pub/a/web2/archive/what-is-web-20.html>>. Acesso em: 2 dez. 2020.

WOHLIN, C. et al. **Experimentation in Software Engineering**. [s.l.] Springer Science & Business Media, 2012.

YASSINE, A. et al. IoT big data analytics for smart homes with fog and cloud computing. **Future Generation Computer Systems**, v. 91, p. 563–573, 1 fev. 2019.

YAVARI, A.; JAYARAMAN, P. P.; GEORGAKOPOULOS, D. **Contextualised service delivery in the Internet of Things: Parking recommender for smart cities**. 1 dez. 2016

ZANELLA, A. et al. Internet of Things for Smart Cities. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 1, p. 22–32, fev. 2014.

ZELDMAN, J. **Web 3.0A List Apart**, 17 jan. 2006. Disponível em: <<https://alistapart.com/article/web3point0/>>. Acesso em: 2 dez. 2020

ZHAO, S. et al. **STELLAR: Spatial-Temporal Latent Ranking for Successive Point-of-Interest Recommendation**. 6 fev. 2016.

ZHEN, L.; HUANG, G.; JIANG, Z. An inner-enterprise knowledge recommender system. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 1703–1712, 1 mar. 2010.

ZIKOPOULOS, P.; EATON, C.; IBM. **Understanding Big Data: Analytics for Enterprise Class Hadoop and Streaming Data**. 1st. ed. [s.l.] McGraw-Hill Osborne Media, 2011.