



Programa de Pós-Graduação em

Computação Aplicada

Doutorado Acadêmico

JONEVAL ZANELLA GOMES

**SURYA: UM MODELO PARA SERVIÇOS INTELIGENTES
EM ECOSSISTEMAS DE MOBILIDADE BASEADO EM
HISTÓRICOS DE CONTEXTOS**

São Leopoldo, 2022

Joneval Zanella Gomes

**SURYA: Um Modelo para Serviços Inteligentes em
Ecossistemas de Mobilidade baseado em Históricos de
Contextos**

Tese apresentada como requisito parcial para
obtenção do título de Doutor em Computação
Aplicada, pelo Programa de Pós-Graduação em
Computação Aplicada da Universidade do Vale
do Rio dos Sinos - UNISINOS.

Orientador:
Prof. Dr. Jorge Luis Victória Barbosa

São Leopoldo

2022

G633s Gomes, Joneval Zanella.
SURYA : um modelo para serviços inteligentes em ecossistemas de mobilidade baseado em históricos de contextos / por Joneval Zanella Gomes. – 2022.
134 f. : il. ; 30 cm.

Tese (doutorado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, São Leopoldo, RS, 2022.
“Orientador: Dr. Jorge Luis Victória Barbosa”.

1. Serviços ubíquos e inteligentes. 2. Computação ubíqua. 3. Histórico de contextos. 4. Modelo computacional. 5. Mobilidade urbana. 6. Cidades inteligentes. I. Título.

CDU: 004.75.057.5:656

Esta tese é dedicada às duas pessoas mais importantes em minha vida: minha esposa Ivanice e meu filho Matheus. Seria injusto não reconhecer o apoio incondicional e a extrema paciência de minha querida esposa durante este projeto. O jovem Matheus, no alto de seus nove anos, talvez não compreenda o quanto sua angelical alegria motivou seu cansado pai nesta jornada. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

Ao grande geômetra do Universo, que é Deus, pela inquietude que nos motiva a seguir em frente à procura de respostas.

À UNISINOS, em especial ao Programa de Pós Graduação em Computação Aplicada e seus professores, exímios mestres.

Aos colegas do MOBILAB sempre dispostos a oferecer um ombro amigo, construí profícuas amizades com esse time!

Aos professores, doutores, Rafael Kunst, Gustavo Pessin e Tiago Ferreto pelas oportunas observações e contribuições a este estudo, tanto nas etapas de projeto quanto durante às análises.

Ao meu querido orientador Dr. Jorge Luis Victória Barbosa, por todo seu apoio, dedicação e compreensão, mas principalmente confiar neste projeto, mesmo nos momentos em que este se tornara nebuloso para mim. Sua experiência e seu olhar acurado transformaram este projeto, avante!

Aos queridos amigos e colegas da Marcopolo S/A, em especial ao "time de TI" sempre dispostos a inovar na busca de soluções para a empresa e para as pessoas. Seria injusto não destacar o apoio estratégico do Celso Tonolli e consultivo do meu time de DS nesta empreitada, muito obrigado!

Á minha mãe, Terezinha, meu pai João Batista (*in memoriam*), meus irmãos João e Joaquim, por compreenderem a necessária ausência ao longo destes anos.

Á minha querida esposa, Ivanice e nosso Matheus pelo apoio e estímulo ao longo desta jornada.

Ao grande amigo e compadre Mario Machado cuja companhia, e bons vinhos, propiciaram filosóficas discussões a respeito dos possíveis desdobramentos desta tese.

Por fim, mas não menos importante, aos amigos e *ii*. que de uma forma ou outra tem sua parcela de culpa nesta tese.

RESUMO

Desde que os veículos se tornaram bens de consumo, pessoas e veículos compartilham espaços. Se por um lado o uso de veículos traz benefícios como agilidade, segurança e conforto, por outro é responsável por parte do *stress* dos grandes centros urbanos. Com o passar das gerações e a evolução dos sistemas computacionais a quantidade de dados coletados e disponíveis em um ecossistema de mobilidade é vasta, entretanto, se identificaram poucos estudos que procuram compreender as interações de pessoas, e outros agentes, nestes ecossistemas. É neste âmbito que este estudo vem propor o modelo Surya, um modelo genérico destinado a compreender as interações dos atores associados a um ecossistema de mobilidade para lhes ofertar, a partir de históricos de contextos das entidades envolvidas, serviços inteligentes. O modelo Surya foi avaliado em um ambiente computacional que simula a complexidade matinal de um grande centro urbano. Históricos de contextos são gerados ao longo de 75 ciclos de simulação e sustentam a oferta de dois serviços inteligentes. Além dos serviços apresentados este estudo traz uma atualização do mapeamento sistêmico associados a oferta de serviços em veículos, uma ontologia para o domínio de conhecimento dos serviços em ecossistemas de mobilidade e o modelo Surya.

Palavras-chaves: Serviços ubíquos e inteligentes. Computação ubíqua. Histórico de contextos. Modelo computacional.

ABSTRACT

Since vehicles became consumer goods, people and vehicles share spaces. If, on the one hand, the use of vehicles brings benefits such as agility, safety, and comfort, on the other hand, it is responsible for part of the stress on large urban centers. With the passing of generations and the evolution of computer systems, the amount of data collected and available in a mobility ecosystem is vast, however, few studies were identified that seek to understand the interactions of people, and other agents, in these ecosystems. Mobility ecosystem is the context where this study proposes the Surya model, a generic model aimed at understanding the interactions among its agents to offer them, based on context history, intelligent services. The Surya model was evaluated in a computational environment that simulates the morning complexity of a large urban center. Context histories are generated over 75 simulation cycles and support the provision of two intelligent services. In addition to the services, this study brings an update of the systemic mapping of service provision in vehicles, an ontology for the domain of knowledge of services in mobility ecosystems, and the Surya model.

Key-words: Ubiquitous and intelligent services. Ubiquitous computing. Context History. Computational model.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diferentes aspectos presentes em um contexto	19
Figura 2 – Caracterização de uma cidade inteligente	21
Figura 3 – Matriz de disrupção nos setores - 2018	23
Figura 4 – Processo de busca e tratamento de artigos	30
Figura 5 – <i>Clusters</i> de pesquisa	32
Figura 6 – <i>Personalized Services</i> e suas conexões	34
Figura 7 – Resultado do processo de busca e tratamento de publicações	35
Figura 8 – Nuvem de palavras a partir de títulos das obras	39
Figura 9 – Fluxo de filtragem na atualização de obras	41
Figura 10 – Surya Hub de interações	47
Figura 11 – Componentes do modelo Surya	48
Figura 12 – Modelo esquemático do fluxo de dados no modelo Surya	49
Figura 13 – Atores e serviços do modelo Surya	50
Figura 14 – Caso de uso: usuário	51
Figura 15 – Caso de uso: frotista	52
Figura 16 – Caso de uso: governo	54
Figura 17 – Caso de uso: Indústria Local	55
Figura 18 – Caso de uso: Comércio Local	57
Figura 19 – Caso de uso: centros de ensino	59
Figura 20 – Caso de uso: cidades inteligentes	61
Figura 21 – Arquitetura geral do modelo Surya	63
Figura 22 – Interações e janelas de interação	65
Figura 23 – Exemplos: perfis e histórico de contextos	66
Figura 24 – <i>Linked Open Terms methodology</i>	67
Figura 25 – SuryaOnto: ontologia para serviços em ecossistemas de mobilidade	69
Figura 26 – Consistência e coerência da SuryaOnto	72
Figura 27 – Armadilhas na modelagem SuryaOnto	72
Figura 28 – Bologna, cenário no Sumo	76
Figura 29 – Ingresso de pessoas e veículos em um ciclo	77
Figura 30 – Ciclos de simulação	79
Figura 31 – Mapa de circulação de pessoas em estações de ônibus	80
Figura 32 – SuryaApp: interfaces iniciais	81
Figura 33 – SuryaApp: interfaces centrais 1	82
Figura 34 – SuryaApp: interfaces centrais 2	82
Figura 35 – Perfis Lorenzo e Hannah	83
Figura 36 – Espaços compartilhados	84

Figura 37 – Espaços compartilhados	84
Figura 38 – Interações e janelas de interação	85
Figura 39 – SuryaApp: COVID Self Checker	87
Figura 40 – Fluxo de atividades	88
Figura 41 – Banco de dados inicial	89
Figura 42 – <i>Boxplot</i> e estatísticas descritivas sem tratamento de <i>outliers</i>	90
Figura 43 – <i>Boxplot</i> e estatísticas descritivas com tratamento de <i>outliers</i>	90
Figura 44 – Autocorrelação	91
Figura 45 – Autocorrelação Parcial	91
Figura 46 – SARIMA Model	92
Figura 47 – SARIMA: 15 dias de predição	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Serviços para ecossistemas de mobilidade	24
Tabela 2 – Questões de Pesquisa	27
Tabela 3 – <i>Strings</i> de Busca	28
Tabela 4 – Expressões lógicas(<i>strings</i>) de filtragem	31
Tabela 5 – Caracterização dos Clusters	31
Tabela 6 – Fatores Críticos de Sucesso	37
Tabela 7 – Modelos computacionais relacionados	38
Tabela 8 – Publicações obtidas na atualização	39
Tabela 9 – Principais veículos de publicação	40
Tabela 10 – Novas publicações selecionadas	41
Tabela 11 – Estatísticas de modos de transporte para a população	77
Tabela 12 – Alterações em configurações do cenário	78
Tabela 13 – Novas classes de veículos	79
Tabela 14 – Resultado teste <i>Augmented Dickey-Fuller</i>	91
Tabela 15 – Predição SARIMA: estatísticas descritivas	93
Tabela 16 – Resultado da predição agrupado por dia	94
Tabela 17 – Artigos selecionados	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i> / Interface de programação de aplicativos
ASR	<i>Automated Speak Recognition</i> / Reconhecimento automático de fala
CAV	<i>Connected Autonomous Vehicle</i> / Veículo conectado e autônomo
CHaaS	<i>Context History as a Service</i> / Históricos de Contextos como Serviço
DOI	<i>Digital object identifier</i> / Identificador digital de objeto: identificador global de publicações
DB	<i>Database</i> / Banco de dados
EC	<i>Exclusion criteria</i> / Critério de exclusão
FCS	Fatores crítico de sucesso
FOAF	<i>Friend of a Friend</i> / Amigo de um amigo
GPS	<i>Global positioning system</i> / Sistema de posicionamento global
HCI	<i>Human-computer interface</i> / Interface humano-computador
HP	<i>Horse power</i> / Unidade de potência
IC	<i>Inclusion criteria</i> / Critério de inclusão
IoT	<i>Internet of things</i> / Internet das coisas
IoV	<i>Internet of Vehicle</i> / Internet veicular
ITS	<i>Intelligent transport systems</i> / Sistemas de transporte inteligente
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
KPI	<i>Key process indicator</i> / Indicadores chaves de processo
LGPD	Lei geral de proteção de dados
LSTM	<i>Long Short-Term Memory</i>
MaaS	<i>Mobility as a Service</i> / Mobilidade como serviço
MANET	<i>Mobile ad-hoc network</i> / Rede móvel local

MAS	<i>Multi Agent System / Sistema Multi Agente</i>
ML	<i>Machine learning / Aprendizado de maquinas</i>
OBU	<i>Onboard Unit / Unidade a bordo</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
PCA	<i>Principal Component Analysis / Análise de componentes principais</i>
QoS	<i>Quality of Service / Qualidade do Serviço</i>
REST	<i>Representational State Transfer / Transferência representational de estado</i>
RIS	<i>Research information system (formato de arquivo)</i>
RSU	<i>Roadside unit / Infraestrutura de beira de estrada</i>
SSL	<i>Secure sockets layer / Camada de soquete seguro</i>
SUMO	<i>Simulation of Urban MObility / Simulador de Mobilidade Urbana</i>
TAM	<i>Technical architecture modeling / Modelagem técnica de arquitetura</i>
UBS	Unidade básica de saúde
UML	<i>Unified modeling language / linguagem unificada de modelagem</i>
UPA	Unidade de pronto atendimento
V2I	<i>Vehicle to Infrastructure / Veículo a infraestrutura</i>
V2V	<i>Vehicle to Vehicle / Veículo a veículo</i>
VANET	<i>Vehicular ad-hoc network / Rede veicular local</i>
VIS	<i>Vehicle Information System / Sistema de Informações Veiculares</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Justificativa	14
1.2	Delimitação do problema e questão de pesquisa	15
1.3	Objetivos e contribuições	15
1.3.1	Objetivo geral	15
1.3.2	Objetivos específicos	15
1.3.3	Contribuições	16
1.4	Metodologia	16
1.5	Estrutura da Tese	17
2	REVISÃO TEÓRICA	18
2.1	Computação Ubíqua	18
2.2	Cidades Inteligentes e Sustentáveis	19
2.3	Mobilidade Urbana	21
2.4	A oferta de serviços inteligentes em Ecossistemas de Mobilidade	22
2.5	Considerações Finais	26
3	TRABALHOS RELACIONADOS	27
3.1	Escopo e Questões de Pesquisa	27
3.2	Obtenção das Publicações	28
3.3	Crítérios de inclusão e exclusão	29
3.4	Fluxo de obtenção e tratamento de dados	30
3.5	Clusters de engajamento e pesquisa	32
3.6	Serviços personalizados	33
3.7	Resultados	33
3.7.1	Oferta de Serviços Inteligentes	34
3.7.2	Fatores Críticos de Sucesso	36
3.7.3	Principais Desafios	37
3.7.4	Modelos Computacionais	38
3.8	Sincronismo de publicações	38
3.9	Discussões	43
3.10	Considerações finais	45
4	MODELO SURYA	47
4.1	Visão geral	47
4.2	Casos de Uso	50

4.2.1	<i>User</i> - Usuário do sistema de mobilidade urbana	50
4.2.2	<i>Fleet Owner</i> - Frotista	52
4.2.3	<i>Government</i> - Governos	53
4.2.4	<i>Local Industry</i> - Indústrias	55
4.2.5	<i>Local Store</i> - Comércio Local	56
4.2.6	<i>Educational Center</i> - Centros de Ensino	58
4.2.7	<i>Smart City</i> - Cidades Inteligentes e Sustentáveis	60
4.3	Arquitetura do Surya	62
4.3.1	Perfis, contextos e histórico de contextos	65
4.4	Ontologia SuryaOnto	66
4.4.1	Metodologia Linked Open Terms	67
4.4.2	SuryaOnto: Desenvolvimento	68
4.5	Considerações Finais	73
5	AVALIAÇÃO E RESULTADOS	74
5.1	Problematização	74
5.2	Cenário e aspectos do ambiente simulado	75
5.2.1	Ciclos de simulação para avaliação do modelo Surya	78
5.3	SuryaApp - aplicativo de serviços inteligentes	80
5.4	OwlyHealth - serviço inteligente de suporte a saúde	83
5.4.1	Cenário de avaliação	83
5.5	OwlyPredict - serviço inteligente de predição de ocupação de espaços	88
5.5.1	Etapa 1 - Coleta de Dados	88
5.5.2	Etapa 2 - Saneamento de dados e avaliação estatística	89
5.5.3	Etapa 3 - Modelagem e treinamento	90
5.5.4	Etapa 4 - Predição e avaliação	92
5.6	Considerações Finais	94
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
6.1	Limitações e sugestões para desdobramentos futuros	96
6.2	Publicações	97
	REFERÊNCIAS	99
	APÊNDICES	114
	APÊNDICE A – ARTIGOS SELECIONADOS	115
	APÊNDICE B – FONTES	123

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo detalha as motivações que levaram a escolha deste tema para pesquisa, se apresenta a delimitação do problema, os objetivos, as contribuições, a metodologia e a organização geral do documento.

1.1 Justificativa

O dia a dia das pessoas é cercado de itens de conforto, de cafeteiras a *smartwatches*, muitos destes estão conectados e coletam uma quantidade significativa de dados. Estes dados se tornam um ativo relevante para a contínua oferta de serviços (ZHANG et al., 2017; CHATTERJEE et al., 2016). Escritórios inteligentes, casas inteligentes, cidades inteligentes, antes presentes apenas em peças de ficção científica, agora são temas recorrentes em alimentam discussões acaloradas sobre seu potencial e seus desafios, apontando para a consolidação do emprego da computação ubíqua (MARTINS et al., 2021; MARTINI et al., 2021; MATOS et al., 2021; ZHANG et al., 2017; BARBOSA, 2015) em nossas vidas.

Um dos componentes fundamentais das cidades inteligentes são os serviços inteligentes (HARRISON et al., 2010; ZHANG et al., 2017) e, dentre estes, os transportes inteligentes que buscam estratégias para beneficiar os deslocamentos individuais e coletivos. Observa-se que, o advento dos veículos inteligentes com suas centenas de sensores e dezenas de computadores resultam em necessidade de alto desempenho e processamento de grandes volumes de dados. Os desafios impostos à conectividade nos veículos, com a infraestrutura e entre veículos, também tendem a se arrefecer (HU et al., 2021; SIEGEL; ERB; SARMA, 2017; OLAVERRI-MONREAL; JIZBA, 2016) abrindo mais espaço para o desenvolvimento a adoção de novas soluções tecnológicas embarcadas.

A abundância de dados traz seus desafios, o principal deles parece estar em transformá-los em conhecimentos que permitam prover produtos e serviços que satisfaçam as necessidades das pessoas, organizações e governos. Ao se tratar de transportes inteligentes, quer seja veículos de passeio ou veículos de transporte coletivo, uma abordagem que considere as interações de entidades com meios de transporte e faça uso de históricos de contextos (LIMA et al., 2022; MARTINS et al., 2021; BARBOSA et al., 2016), perfis (WAGNER; BARBOSA; BARBOSA, 2014; FERSCHA et al., 2006), predição de contextos (MÁRQUEZ-CHAMORRO et al., 2020; ROSA; BARBOSA; RIBEIRO, 2016) para a promoção de serviços inteligentes para indivíduos, organizações e governos permanecem com oportunidades em aberto.

1.2 Delimitação do problema e questão de pesquisa

Nesta tese de doutorado, propõe-se a apresentação de um modelo computacional que, fazendo uso de históricos de contextos, compreenda as interações entre atores no âmbito dos meios de transporte e promova serviços inteligentes para estes atores. Para tanto, este modelo utiliza históricos de contextos para compreender as interações entre entidades de um sistema de transporte e perfis de veículo (carros, táxis, vans, ônibus, trens, aviões) para a composição dos serviços.

Os serviços inteligentes se materializam com a oferta de conhecimento aos atores deste modelo. Entende-se como atores, para efeito desta tese, além dos usuários de meios de transporte, os frotistas (dono de frotas), os governos em suas diferentes instâncias, o comércio, a indústria, centros de ensino e as cidades inteligentes. Estes serviços podem pertencer a diversas categorias como: saúde, bem-estar, segurança, educação, entretenimento, dentre outras.

Este estudo procura responder a seguinte **questão de pesquisa**:

Como um **modelo computacional** que utiliza **históricos de contextos** pode promover suporte genérico a **serviços inteligentes** destinados aos atores do âmbito dos **meios de transporte**?

Esta questão de pesquisa visar suportar a seguinte **hipótese**:

Um ecossistema de mobilidade¹ pode ser beneficiado por serviços inteligentes que se utilizam de históricos de contextos.

1.3 Objetivos e contribuições

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é o desenvolvimento de um modelo computacional que faça uso de históricos de contextos para qualificar interações e promover serviços inteligentes a atores de um ecossistema de mobilidade.

1.3.2 Objetivos específicos

Para alcançar este objetivo propõe-se os seguintes objetivos específicos:

- Investigar formas de identificar, caracterizar e qualificar as interações no âmbito dos meios de transporte;
- Desenvolver uma sistemática de coleta, tratamento, armazenamento e compartilhamento de dados;

¹ Um ecossistema de mobilidade envolve e integra necessidades e interesses de diversos atores, cidadãos, companhias do setor privado e governos (LONGO; ZAPPATORE; NAVATHE, 2019) em benefício da mobilidade urbana.

- Caracterizar os públicos de interesse (atores) para oferta de serviços inteligentes;
- Mapear serviços inteligentes relevantes a serem suportados por um modelo computacional genérico;
- Propor um modelo computacional genérico para coleta, análise e compartilhamento de dados de interações aos atores do modelo;
- Avaliar a generalidade do modelo a partir de dois serviços inteligentes que façam uso de histórico de contextos de entidades de um ecossistema de mobilidade.

1.3.3 Contribuições

Entende-se que esta pesquisa contribui com a temática de serviços inteligentes orientada a um ecossistema de mobilidade nos seguintes aspectos:

- 1) Oferecer um mapeamento sistemático centrado na oferta de serviços inteligentes em veículos que identifica *clusters* de pesquisa e incorpora uma etapa visual em seu protocolo de seleção de artigos;
- 2) Apresentar uma ontologia para coletar, armazenar e compartilhar dados e históricos de contextos originados nas interações dos atores de um ecossistema de mobilidade;
- 3) Identificar atores de um ecossistema de mobilidade e mapear serviços inteligentes direcionados;
- 4) Definir um modelo computacional que faça uso de históricos de contextos de agentes em um ecossistema de mobilidade a fim de suportar a oferta de serviços inteligentes.

Como contribuição adicional, a versão inicial de um mapeamento sistemático intitulado *Research Clusters of Ubiquitous Intelligent Services to Vehicular Users* (GOMES; BARBOSA, 2018) foi publicada e apresentada no XXIV Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web - WEBMEDIA, sua versão estendida e aprimorada foi publicada no periódico *Interacting with Computers*, sob o título de *Ubiquitous Intelligent Services to Vehicular Users: a Systematic Mapping* (GOMES et al., 2019a).

1.4 Metodologia

Esta tese tem por objetivo propor um modelo computacional para promover serviços inteligentes com o uso de históricos de contextos para atores de um ecossistema de mobilidade. A primeira etapa desde estudo envolveu uma coleta de dados de natureza exploratória para compreender o ambiente onde esta pesquisa está circunscrita. Para tanto, optou-se por realizar um mapeamento sistêmico metodologicamente adequado para se aprofundar conhecimentos

em uma área do saber a partir de análises de publicações científicas (COOPER, 2016; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015; PETTICREW; ROBERTS, 2008). O protocolo de mapeamento sistemático de Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015) foi adotado nesta etapa.

A segunda etapa deste estudo consiste da construção do modelo computacional Surya, da concepção de uma ontologia para o domínio de serviços em ecossistemas de mobilidade, e do detalhamento de serviços inteligentes que podem utilizar históricos de contextos para atender demandas dos atores de ecossistemas de mobilidade.

Por fim, a avaliação do modelo acontece com os serviços OwlyHealth e OwlyPredict criados a partir do histórico de contextos coletados do cenário Bologna. Este é um cenário validado que simula o comportamento do trânsito da cidade de Bologna, Itália, no simulador SUMO² (SCHWEIZER et al., 2021). Os resultados alcançados são apresentados e analisados.

1.5 Estrutura da Tese

Esta tese está estruturada em seis capítulos, no próximo capítulo se apresenta o suporte teórico da pesquisa. No capítulo 3 um mapeamento de trabalhos relacionados. No capítulo 4 o modelo Surya é apresentado. O capítulo 5 é dedicado aos aspectos da simulação e avaliação do modelo e, por fim, o capítulo 6 é destinado as considerações finais e desdobramentos futuros.

² SUMO - *Simulation of Urban MObility* é um simulador de tráfego *open source* que permite a modelagem do comportamento individual de veículos (microscópico) (LOPEZ et al., 2018).

2 REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo se propõe a apresentar os temas de sustentação desta tese. Inicia-se com os principais conceitos de computação ubíqua, uma abordagem sobre cidades inteligentes e sustentáveis com especial atenção à mobilidade urbana, por fim, serviços inteligentes em ecossistemas de mobilidade.

2.1 Computação Ubíqua

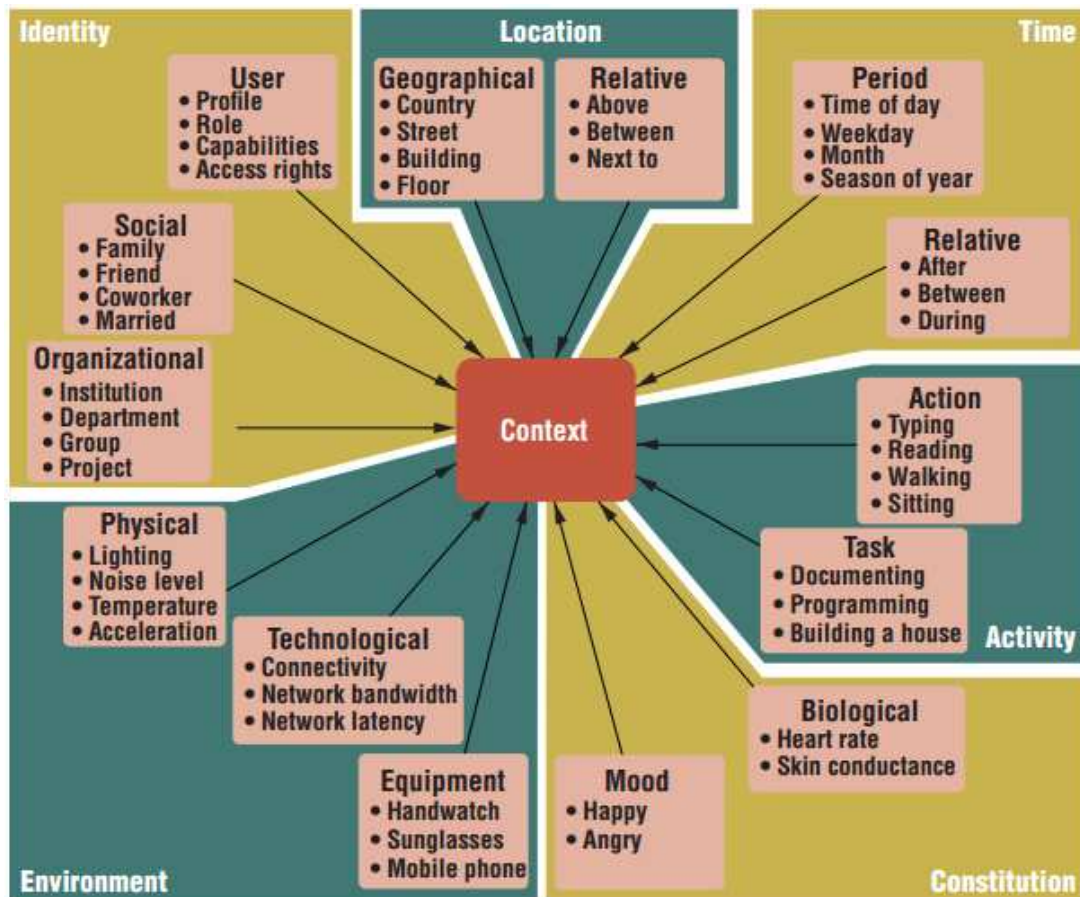
A computação ubíqua se constitui da onipresença da computação, ou seja, um ambiente computacional integrado e distribuído constituído a partir de um grande número de dispositivos conectados. Este conceito foi desenvolvido por Mark Weiser, na década de 1990, propondo-o então como o ambiente onde a tecnologia se faz presente sem ser percebida (WEISER, 1991). Dez anos depois, Satyanarayanan (2001) revisitou o conceito, o reconhece como uma evolução da computação, aponta-o como um solo fértil para pesquisas nos anos vindouros, e propõe quatro novos polos de pesquisa: espaços inteligentes, invisibilidade, escalabilidade localizada e mascaramento de condições desiguais. As oportunidades de pesquisa no campo da computação ubíqua são vastas dentre estas destacam-se pesquisas crescentes associadas à compreensão e aplicação de históricos de contextos na solução de problemas de diversas naturezas (FILIPPETTO; LIMA; BARBOSA, 2021; LIAQAT et al., 2021; MARTINI et al., 2021; MIYANISHI; MAEKAWA; KAWANABE, 2021; VIEGAS et al., 2021; BAVARESCO et al., 2020; MÁRQUEZ-CHAMORRO et al., 2020; GOMES et al., 2019a; FAVELA, 2017; DAVIES; CLINCH, 2017; BARBOSA, 2015; ABOWD, 2012; CACERES; FRIDAY, 2012).

Um conceito importante na computação ubíqua é o de perfil. Um perfil se configura como a caracterização de uma entidade, normalmente um usuário, e contém suas preferências, comportamentos e informações estratégicas adicionais. Em resumo, são as características que permitem compreender a entidade onde quer que esta esteja (VIEGAS et al., 2021; SEJWAL; ABULAISH; JAHIRUDDIN, 2020; QUINTAS; MENEZES; DIAS, 2017; KIM et al., 2017; CARDOSO et al., 2015; ROSA et al., 2015; WAGNER; BARBOSA; BARBOSA, 2014; FERSCHA et al., 2006).

Esta compreensão da entidade, leva a necessidade de se caracterizar o contexto onde este perfil está imerso. Assim, pode-se compreender contexto como os dados que caracterizam a entidade e seu entorno (DEY, 2001), além de dados de geolocalização, um contexto robusto deve conter dados circunstanciais que permitam perceber que influências estão presentes em uma tomada de decisão, a Figura 1 sintetiza elementos comuns na composição de um contexto.

O armazenamento de contextos de uma entidade ao longo do tempo é conhecido como histórico de contextos (ou uma trilha) e contém informações estratégicas para apoiar iniciativas como a ofertas de serviços adequados ao perfil e histórico de contextos da entidade (BARBOSA

Figura 1 – Diferentes aspectos presentes em um contexto



Fonte: Adaptado de Sigg, Haseloff e David (2010).

et al., 2016; SILVA et al., 2010). Esta rica base de dados também é fundamental na predição de contextos futuros, ou seja, antecipar a provável configuração que um contexto irá assumir em algum momento futuro (ADELI et al., 2020; LI et al., 2018; ROSA; BARBOSA; RIBEIRO, 2016; SIGG; HASELOFF; DAVID, 2010).

2.2 Cidades Inteligentes e Sustentáveis

Cidades são organizações complexas onde convivem indivíduos e empreendimentos com os mais diferentes interesses. Com o crescimento das áreas urbanas as demandas sobre seus serviços básicos - transporte, energia, telecomunicações, saneamento e educação, entre outros - aumentam e passam a comprometer o convívio social de seus habitantes (trânsito intenso, por exemplo). É nesse contexto, que surge a necessidade de se repensar o uso de tecnologias para alavancar oportunidades que apoiem o cidadão na escolha e uso dos serviços oferecidos pela cidade (YANG; KWON; KIM, 2021; KIRIMTAT et al., 2020; ZHANG et al., 2017; NEIROTTI et al., 2014; WASHBURN et al., 2010).

Talebkhah et al. (2021) ponderam que transportes inteligentes, casas inteligentes, estacio-

namento inteligente, energia inteligente, água e meio ambiente inteligente, sistemas de segurança, monitoramento online, redes sociais e sistema de saúde inteligente são funcionalidades de alto nível que caracterizam cidades inteligentes.

Dentre os conceitos de cidades inteligentes destaca-se o apresentado por Harrison et al. (2010) que as caracterizam como cidades que conectam "infraestrutura física, a infraestrutura de tecnologia da informação, a infraestrutura social e a infraestrutura de negócios para alavancar a inteligência coletiva da cidade". Alguns anos mais tarde, Neirotti et al. (2014) já apontavam que um conceito comum para cidades inteligentes estava em discussão, entretanto o *mainstream* parecia reconhecer um novo estágio evolutivo nos serviços prestados pelas cidades a seus habitantes. Neste sentido o grupo focal realizado por ITU (2015) ampliam o conceito, propondo:

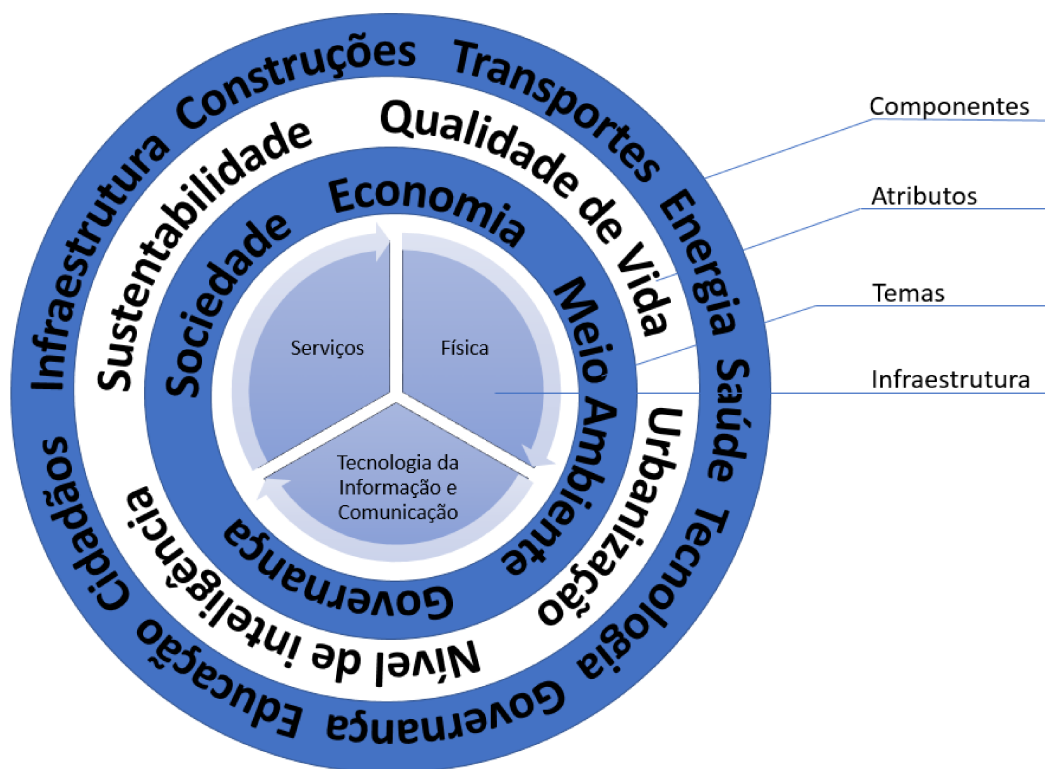
Uma cidade inteligente e sustentável é uma cidade inovadora que usa tecnologias de informação e comunicação (TICs) e outros meios para melhorar a qualidade de vida, a eficiência da operação e serviços urbanos e a competitividade, garantindo que atenda às necessidades das gerações presentes e futuras com respeito aos aspectos econômicos, sociais, ambientais e culturais.

Consonante a isso, Mohanty, Choppali e Kougianos (2016) reconhecem cidades inteligentes e sustentáveis como um conjunto harmônico de nove componentes, quatro atributos, quatro temas e três infraestruturas habilitadoras (Figura 2). Entretanto, Yang, Kwon e Kim (2021) ponderam que cidades inteligentes e sustentáveis tomam diversos contornos ao depender de múltiplos fatores, tais como demandas sociais, características urbanas e estruturas governamentais, para se estabelecer. Estes autores apontam ainda que, embora existam serviços em comum entre diferentes iniciativas, há uma certa regionalização nos serviços oferecidos; enquanto na Europa se investe mais em serviços de energia, recursos e democracia, na Ásia o foco está na mitigação de desastres e no transporte público e, por fim, prevenção do crime em cidades americanas.

Os conceitos de computação ubíqua parecem não se dissociar dos pressupostos de cidades inteligentes e sustentáveis, os promissores avanços em internet das coisas (IoT) (CIRILLO et al., 2020; KOLBE et al., 2017; MOHANTY; CHOPPALI; KOUGIANOS, 2016; ATZORI; IERA; MORABITO, 2010), sistemas ciber-físicos (ZANNI, 2015), análise de grandes massa de dados (*big data*) (TALEBKHAH et al., 2021; MCAFEE; BRYNJOLFSSON, 2012) e controles em tempo real (NEIROTTI et al., 2014), desempenham um importante papel ao potencializar iniciativas inovadoras que criam serviços inteligentes destinados aos cidadãos, às organizações, aos visitantes e para os agentes públicos (ZHANG et al., 2017; MOHANTY; CHOPPALI; KOUGIANOS, 2016).

Aprimoramento no trânsito das cidades é um tema recorrente em discussões nas mais diversas esferas sociais, em especial, sugestões que possam reduzir o tempo destinado à locomoção de pessoas, bens e serviços em grandes centros urbanos. Outras sugestões estão associadas à criação de novas opções, eficientes, de transportes que minimizem estatística sobre o desperdício de recursos no trânsito. Moskvitch (2014) aponta o dispêndio médio de aproximadamente 42

Figura 2 – Caracterização de uma cidade inteligente



Fonte: Adaptado de Mohanty, Choppali e Kougianos (2016).

horas por ano em congestionamentos e centenas de bilhões de reais em combustíveis. Em sua pesquisa Lenz e Heinrichs (2017) reconhecem a existência de um planejamento urbano mais participativo e dinâmico em virtude da utilização de recursos digitais, contudo, os autores apontam alguns desafios a serem transpostos em um futuro próximo: desafios tecnológicos, acesso universal, capacidade e competência governamental e propriedade dos dados. Muitos destes desafios encontram amparo no rol de oportunidades das cidades inteligentes e sustentáveis.

2.3 Mobilidade Urbana

Desde 2012 o Brasil consta com uma política nacional de mobilidade urbana que se propõe a integrar os modos de transporte, acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas (BRASIL, 3 de janeiro de 2012). Esta política tem por objetivo:

Contribuir para o acesso universal à cidade, o fomento e a concretização das condições que contribuam para a efetivação dos princípios, objetivos e diretrizes da política de desenvolvimento urbano, por meio do planejamento e da gestão democrática do Sistema Nacional de Mobilidade Urbana [Lei Nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012].

Ainda em acordo com esta Lei o sistema nacional de mobilidade urbana deve ser compreendido como "conjunto organizado e coordenado dos modos de transporte, de serviços e de infraestruturas que garante os deslocamentos de pessoas e cargas no território do município".

Muito embora Menouar et al. (2017) defendam que um sistema confiável de mobilidade urbana inteligente é fundamental para se estabelecer uma cidade inteligente e sustentável, os desafios associados a mobilidade urbana são diversos e se tornam mais complexos com o crescimento populacional (BUCCHIARONE et al., 2021; LENZ; HEINRICHS, 2017; VARMA, 2017; SENARATNE et al., 2017; FISTOLA; RAIMONDO; ROCCA, 2017), e faz-se necessário discutir programas municipais de mobilidade urbana para conciliar a disputa de espaços entre pessoas e veículos. O anuário CNT do transporte 2020 (CNT, 2020) aponta que a frota de veículos, licenciados no Brasil, é de 103.363.180 unidades e destes, 54,14% são automóveis - veículo automotor destinado ao transporte de passageiros, com capacidade para até oito pessoas, sem o condutor e 1,01% são de veículos destinados ao uso coletivo - ônibus e micro-ônibus. Este relatório ainda aponta um crescimento médio na frota de veículos brasileiros de aproximadamente 6,8% a.a. entre 2001 e 2019.

Este comportamento, não apenas no Brasil, abre caminho para diversos estudos. Alguns com foco no uso de meios alternativos de transporte (PASE et al., 2020; VARMA, 2017; DIÓGENES et al., 2017), outros em análises dos programas municipais de mobilidade urbana (BÉHAR; LEÃO, 2016) ou, ainda, no atendimento a portadores de deficiência (MATOS et al., 2021; BARBOSA et al., 2018; BARBOSA, 2016) - em conformidade com os princípios da Lei Nº 12.587, Art.5º, § I e III. Além destes, há estudos que procuram alternativas pela aplicação de conceitos associados a Inteligência Artificial. Alguns destes estudos se propõem a colaborar com alternativas, aos desafios da implementação de um sistema eficaz de mobilidade urbana em cidades inteligentes, investigando aspectos físicos-tecnológicos, como: segurança e privacidade (DISTEFANO; GIACOMO; MAZZARA, 2021; ZHANG et al., 2017), roteamento, conectividade (TANAKA; KIMATA; ARAI, 2016), coleta e transmissão de dados (SIEGEL; ERB; SARMA, 2017), entre outros.

2.4 A oferta de serviços inteligentes em Ecossistemas de Mobilidade

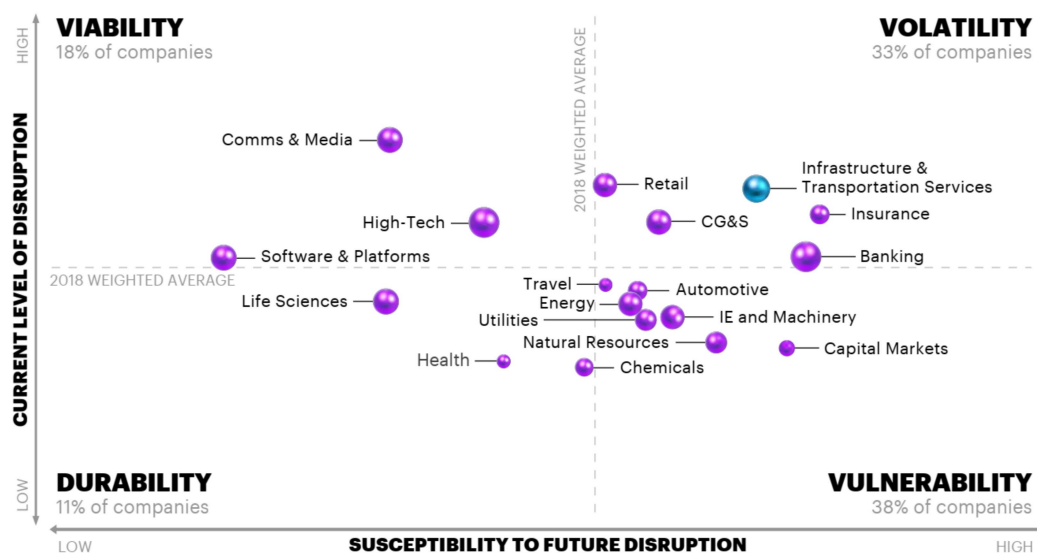
Um ecossistema inteligente de mobilidade envolve e integra necessidades e interesses de diversos atores presentes no cenário urbano. Cidadãos com suas necessidades pessoais, ocupacionais e de lazer, empresas e organizações que demandam sistemas de transporte de produtos e mercadorias robustos e confiáveis, poder público com o compromisso em equilibrar satisfações dos residentes, demandas socio ambientais e legislações, e tecnologias para suporte a coleta de dados e oferta de serviços em benefício da mobilidade urbana (LONGO; ZAPPATORE; NAVATHE, 2019). Estes autores ainda apontam que um ecossistema desta natureza deve estar alicerçado em infraestruturas físicas e digitais resilientes e efetivas e em ferramentas de e-governança que permitam planejar, monitorar e aprimorar serviços e seus níveis de qualidade.

Abbosh et al. (2019) conduziram uma pesquisa com executivos de 10.000 empresas para compreender "disrupção" em seus segmentos de negócios. Um dos achados da pesquisa aponta que 71% dos executivos destas empresas se percebem muito próximos de um momento

disruptivo em seus segmentos. Os autores defendem, ainda, que a disrupção não acontece de forma completamente inesperada e, outrossim, pode ser antecipada (e decodificada) a partir da observação dos movimentos do mercado. A matriz apresentada na Figura 3 posiciona 18 segmentos de mercado, em quadrantes, de acordo com o nível atual de disrupção e a suscetibilidade de disrupção futura no setor. Durabilidade, Vulnerabilidade, Volatilidade e Viabilidade representam momentos característicos do mercado:

- Durabilidade está associado ao momento em que as empresas líderes tem vantagens estruturais e performance consistente e há pouco interesse de novos *players* no segmento;
- Vulnerabilidade é um momento caracterizado pelo enfraquecimento estrutural o que põe em risco o segmento;
- Volatilidade é caracterizado pelo enfraquecimento das tradicionais fontes de suporte das empresas assim, há espaço para grandes disruptores criam novas fontes de valor;
- Viabilidade é onde segmentos estão sendo reestruturados e criados, cenário de muita inovação e vantagem competitiva efêmera.

Figura 3 – Matriz de disrupção nos setores - 2018



Fonte: Pesquisa realizada com 10.000 empresas por Abbosh et al. (2019)

O segmento de infraestrutura e serviços de transporte, um segmento muito conectado aos ecossistemas de mobilidade, se encontra no momento de Volatilidade onde é perceptível o fluxo de iniciativas inovadoras e movimentos disruptivos.

Ao passo que o futuro promete ecossistemas de mobilidade convenientes, seguros e econômicos, a realidade atual se apresenta associada a congestionamentos, acidentes, ineficiência e altos custos (SIMPSON et al., 2019). Estes autores ponderam que a transformação necessária

se dará por três tendências disruptivas: (a) eletrificação de veículos e dos conjuntos alternativos de motor e transmissão, (b) veículos conectados e autônomos (CAV) e, (c) mobilidade como serviço (MaaS); substituindo um sistema centrado em veículos por um ecossistema radicalmente mais eficiente, orientado em dados, sem motoristas e focado nos consumidores. Nessa visão, os governos têm grande influência no formato e ritmo de desenvolvimento destes ecossistemas, consonante a isso, a iniciativa privada deverá atuar em conjunto e de forma colaborativa para o desenvolvimento de serviços que ofereçam opções e conveniência, adequados aos novos paradigmas de mobilidade (CUDDIHEY et al., 2019; SIMPSON et al., 2019).

Oferta de serviços nesse ambiente se mostra efetiva ao promover a difusão da informação correta ao agente correto no momento adequado, portanto diversos serviços são desenvolvidos para atender as diferentes necessidades dos atores de ecossistemas de mobilidade, alguns exemplos são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Serviços para ecossistemas de mobilidade

Descrição do Serviço	Proposto por:
Estimativa das condições de trânsito com dados de GPS e dados estatísticos para suportar simulações 2D e 3D, meta modelo para completar dados faltantes	Li, Wolinski e Lin (2017)
Sistema dinâmico virtual de sinais e mensagens para prover informações em tempo real sobre as condições de trânsito	Ma e Zhou (2016)
INSIGMA, um sistema de transporte inteligente para entregar informações sobre a intensidade do trânsito, dados da infraestrutura e alertar sobre eventos adversos e perigosos	Chmiel et al. (2016)
Sistema de rastreamento utilizando imagens de câmeras para determinar a quantidade de veículos em movimento	Darwish (2017)
Sistema de rastreamento em tempo real para prever horário de chegada de ônibus	Mukheja et al. (2017)
Modelo em tempo real para prover estimativas acuradas da utilização de estacionamentos a partir de múltiplas fontes	Hössinger et al. (2014)
Aplicação móvel para encontrar e reservar lugares livres para estacionar,	Coulibaly et al. (2021)
<i>Framework</i> para suporte a veículos conectados em formação (<i>platoon</i>) para melhorar a estabilidade e a confiabilidade da conectividade entre eles	Chen et al. (2021)

Fonte: elaborado pelo autor.

Como mencionado anteriormente um dos principais desafios dos ecossistemas de mobilidade na atualidade são os acidentes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que as mortes no trânsito sejam superiores a 1.35 milhões ao ano ao redor do mundo¹ portanto é natural que esta seja uma das áreas para as quais serviços tecnológicos sejam desenvolvidos. Uso de tecnologia disponíveis em sistemas de transportes inteligentes (ITS) para proteger usuários vul-

¹ Dado de 2016 por OMS (2018)

neráveis (jovens motoristas, idosos e crianças) de situações relevantes no trânsito e aproximação de veículos foram propostas por Sumalee e Ho (2018). A pesquisa de Noble, Dingus e Doerzaph (2016) revelou que os motoristas são mais sensíveis a notificações apresentadas no painel do veículo que da sinalização de trânsito convencional. Soluções para garantir a evacuação segura em situações de crise foram apresentadas por Song et al. (2017) e Hamza-Lup et al. (2008), entre outros.

Como resultado de sua pesquisa Butler, Yigitcanlar e Paz (2020) recomendam nove políticas para a implementação de um ecossistema de mobilidade, são elas:

- Garantir redes de comunicações: redes de alta velocidade com cobertura adequada são determinantes, além disso a tecnologia 5G pode garantir que áreas rurais e remotas tenham acesso as mesmas tecnologias das áreas centrais. Padrões de segurança devem ser estabelecidos para garantir a segurança dos usuários;
- Investir em infraestrutura inteligente: é de fundamental relevância que a infraestrutura adotada suporte inovações futuras e não estar limitada as inovações atuais;
- Foco na mobilidade compartilhada: mobilidade compartilhada permite fazer melhor uso dos recursos, logo sua implementação nas cidades é um fator crítico e sucesso;
- Promover veículos autônomos compartilhados: investir em transportes públicos autônomos pode ser uma ferramenta para encorajar modos de transporte mais sustentáveis;
- Encorajar a redução de viagens: incentivar trabalho e estudo de forma remota irá, naturalmente, reduzir os custos individuais com transportes, aumentar a capacidade das rodovias, reduzir os impactos ambientais e diminuir as desvantagens geográficas - em especial quanto a empregabilidade;
- Acessibilidade aos locais de trabalho: empresas e organizações devem ser incentivados a se estabelecer nas proximidades de *hubs* de transporte, para tanto se faz necessário que o planejamento das soluções de transporte não considerem apenas áreas residenciais;
- Serviços de mobilidade integrados: sistemas de mobilidade integrada, a exemplo do MaaS, devem ser explorados como uma forma de simplificar o acesso a multi meios de transporte;
- Prover incentivos para veículos elétricos: veículos elétricos operam de forma mais eficientes que veículos de combustão interna, logo pessoas e empresas devem ser incentivadas a fazer a transição;
- Implantar incentivos e informações eficazes aos passageiros: a performance de sistemas de transporte é dependente das decisões dos passageiros, esta pode ser influenciada por uma combinação de incentivos e informação. O uso adequado dos diversos modais de transporte em um ecossistema de mobilidade reduzirá congestionamento, emissões, consumo de energia além de outros fatores adversos.

Estas políticas são voltadas para os entes públicos, tomadores de decisão e investidores, e apontam um caminho para a democratização de serviços aos residentes e pavimentam a oferta de serviços inteligentes a todos os atores de um ecossistema de mobilidade.

2.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou conceitos conectados ao tema central desta tese. Foram apresentados desdobramentos recentes na pesquisa em computação ubíqua, problemática e desafios associados a cidades inteligentes e sustentáveis e mobilidade urbana e, por fim, a discussão e um levantamento sobre a oferta de serviços inteligentes em ecossistemas de mobilidade.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

A compreensão do ambiente onde esta pesquisa está circunscrita demanda a realização de um mapeamento sistemático. Esta categoria de estudo é reconhecida como uma metodologia especialmente empregada para se aprofundar o conhecimento em uma determinada área do saber a partir da busca por publicações científicas em acordo com um protocolo de pesquisa pré estabelecido (COOPER, 2016; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015; PETTICREW; ROBERTS, 2008). O mapeamento sistêmico foi realizado com o objetivo de desvelar como a oferta de serviços inteligentes está sendo tratada em publicações científicas. Cabe ressaltar que partes deste estudo foram publicados em Gomes e Barbosa (2018) e Gomes et al. (2019a).

Este estudo faz uso do protocolo de mapeamento sistemático de Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015) que se estrutura em três macro etapas: planejamento, condução e apresentação dos resultados.

3.1 Escopo e Questões de Pesquisa

Em breve todos os veículos estarão equipados com tecnologias que propiciarão mais que deslocamento seguro, social e ambientalmente equilibrado. O consumo de serviços, dentre eles os serviços inteligentes, farão parte da rotina daqueles que utilizarem quaisquer meios de transporte. Em sendo assim, cabe compreender em que estágio estão as pesquisas que endereçam estes temas, avaliar a existência de modelos computacionais e lacunas neste ramo de pesquisa.

As questões de pesquisa que norteiam este estudo são apresentadas na Tabela 2, nota-se uma abordagem ampla nos questionamentos. Isso se justifica ao considerar que o objetivo deste mapeamento sistemático é compreender como se dá a oferta de serviços inteligentes em veículos e colaborar com a disseminação das publicações identificadas.

Tabela 2 – Questões de Pesquisa

#	Questões
QP1	Como pode se dar a oferta de serviços inteligentes a ocupantes de um veículo?
QP2	Quais são os fatores críticos de sucesso para a adoção de serviços inteligentes em veículos?
QP3	Quais são os principais desafios apontados na oferta de serviços inteligentes em veículos?
QP4	Quais são os principais modelos computacionais propostos para a utilização de serviços inteligentes em veículos?
QP5	O que caracteriza os modelos computacionais identificados?

Fonte: elaborado pelo autor.

3.2 Obtenção das Publicações

A busca pelas publicações foi realizada em bases de dados de pesquisa científica (*engine* de busca). Portanto, faz-se necessária a determinação de uma expressão lógica que suporte às questões de pesquisa. A Tabela 3 apresenta como foram aplicadas as expressões lógicas (*strings* de busca) em cada uma das bases de dados pesquisadas. Nela também se apresentam a quantidade inicial de publicações obtidas. As expressões lógicas de pesquisa consolidam os principais termos e suas variantes desdobrados a partir das questões de pesquisa.

Tabela 3 – *Strings* de Busca

<i>Engine</i>	Expressão lógica (<i>string</i>) de pesquisa	Coleta
ACM	acmdlTitle:(+(intelligent smart ubiquity ubiquitous pervasive context-aware personalized profile) +(service services) +(vehicle transportation automotive)) OR recordAbstract: (+(intelligent smart ubiquity ubiquitous pervasive context-aware personalized profile) +(service services) +(vehicle transportation automotive)) OR keywords.author.keyword:(+(intelligent smart ubiquity ubiquitous pervasive context-aware personalized profile) +(service services) +(vehicle transportation automotive))	2.584
Springer	(intelligent OR smart OR ubiquity OR ubiquitous OR pervasive OR context-aware OR personalized OR profile) AND (service OR services) AND (vehicle OR transportation OR automotive)	16.651
ScienceDirect		9.655
Scopus	TITLE-ABS-KEY ((intelligent OR smart OR ubiquity OR ubiquitous OR pervasive OR context-aware OR personalized OR profile) AND (service OR services) AND (vehicle OR transportation OR automotive)) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA , "COMP"))	6.523
WoS	TOPIC: ((intelligent OR smart OR ubiquity OR ubiquitous OR pervasive OR context-aware OR personalized OR profile) AND (service OR services) AND (vehicle OR transportation OR automotive)) Refinement by RESEARCH AREAS: (COMPUTER SCIENCE OR COMPUTER SCIENCE) Time frame: All years. Indexes: SCI-EXPANDED, SSCI, A&HCI, CPCI-S, CPCI-SSH, ESCI.	1.897

Fonte: elaborado pelo autor.

As expressões lógicas, em conformidade com a Tabela 3, foram aplicadas em cinco bancos de dados de pesquisa científica, a saber: *ACM Digital Library*¹, *Springer*², *ScienceDirect*³, *Scopus*⁴ e *Web of Science*⁵. ACM é um motor de busca reconhecido por sua relevância nas áreas

¹ <https://dl.acm.org/dl.cfm>

² <https://link.springer.com/advanced-search>

³ <https://www.sciencedirect.com/search/advanced>

⁴ <https://www.scopus.com/search/submit/advanced.uri>

⁵ <https://login.webofknowledge.com>

de ciência da computação e os demais indexam centenas de milhões de publicações acadêmicas, nas mais diversas áreas do conhecimento.

O processo de busca nas bases de dados apresentou particularidades. Na *ACM* fez-se uso da funcionalidade de busca avançada, limitando os registros a biblioteca "The ACM Guide to Computing Literature" e ajustando a *string* de busca a seu padrão; as buscas nas bases da *Springer*, *Scopus* e *Web of Science* foram limitadas às publicações (artigos e anais) da área de ciência da computação; e na *ScienceDirect* foram obtidos artigos e anais a partir da busca nos títulos, resumos e palavras-chave.

3.3 Critérios de inclusão e exclusão

A identificação de publicações relevantes implica na determinação de critérios de inclusão e exclusão de obras (filtragem). Os seguintes critérios de inclusão (IC) foram utilizados na seleção de obras desta pesquisa:

- IC1: Artigos Completos.
- IC2: Artigos publicados em revistas e congressos acadêmicos.
- IC3: Termos que satisfaçam as *strings* de pesquisa.

Se por um lado os critérios de inclusão (IC) procuram identificar artigos relevantes associados aos temas de interesse da pesquisa. Por outro, sabe-se que pesquisas em bases de dados apresentam impurezas (ruídos) e, portanto, torna-se necessária a aplicação de critérios de exclusão (EC) (PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015). Com o objetivo de limitar as publicações dentro do contexto da pesquisa, foram determinados os seguintes critérios de exclusão (EC):

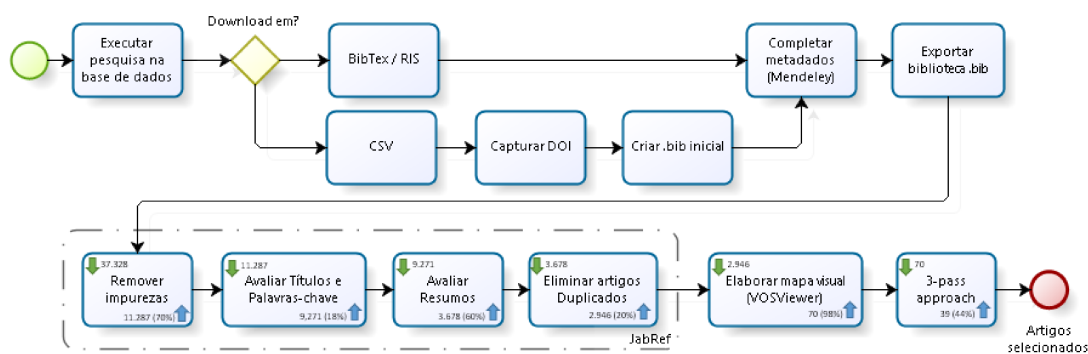
- EC1: Publicações em idioma diferente do inglês.
- EC2: Publicações onde os temas de interesse são apenas citados ou tangenciados.
- EC3: Publicações sem resumo.
- EC4: Artigos de opinião ou discussão.
- EC5: Outras publicações além de artigos publicados ou apresentados em congressos.

Em suma, estes critérios procuram garantir a permanência de artigos publicados em inglês – o principal idioma utilizado na propagação do conhecimento científico, artigos apresentados em revistas ou congressos – objetivando o estado da arte em publicações acadêmicas, e obras que apresentam resumo (*abstract*) – pela necessidade deste em etapas subsequentes do processo de filtragem.

3.4 Fluxo de obtenção e tratamento de dados

A sistematização do processo de obtenção e filtragem dos artigos pode ser observada na Figura 4, neste processo a obtenção e seleção de publicações se iniciou pela submissão da *string* de pesquisa em cada uma das bases de dados selecionadas. Não existe uma padronização da forma de se disponibilizar os dados obtidos, dentre a miríade de opções, optou-se por trabalhar com os formatos BibTex e RIS⁶ onde estes estivessem disponíveis.

Figura 4 – Processo de busca e tratamento de artigos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Nas bases de dados em que apenas a opção CSV⁷ era disponibilizada houve a necessidade de um pós-processamento para a obtenção de um arquivo no formato BibTex (.bib). Este pós-processamento foi realizado a partir da obtenção do DOI⁸ presente no CSV, da criação de um arquivo temporário no formato BibTex com a lista de DOI obtida.

Todos os arquivos oriundos das bases de dados foram carregados no Mendeley⁹. Sua funcionalidade *Update Details* foi aplicada para obter os metadados faltantes e padronizar os demais. A saída final desta etapa foi uma biblioteca, no formato BibTex, contendo referências bibliográficas das 37.328 publicações obtidas nas bases de dados consultadas.

A administração dos filtros foi realizada com o apoio do JabRef¹⁰ em quatro etapas. A etapa de remoção de impurezas foi realizada para atender aos critérios IC1, IC2, EC1, EC3 e EC5, reduziu a biblioteca em 26.041 (70%) publicações. A avaliação dos títulos e palavras-chave, para suportar o critério IC3, eliminou 2.016 (18%) publicações. A filtragem por resumo fez uso de uma lógica de múltiplos filtros para assim atender ao critério IC3, esta estratégia resultou na redução de 5.593 (60%) obras. A Tabela 4 consolida as expressões lógicas booleanas aplicadas

⁶ BibTex e RIS são formatos padronizados de intercâmbio de referências entre softwares de gerenciamento de publicações

⁷ CSV aqui se refere a arquivos de texto cujos campos são separados por um caractere determinado

⁸ Digital Object Identifier – identificador global de uma publicação

⁹ Mendeley é um popular gerenciador de referências bibliográficas

¹⁰ JabRef é um gerenciador de referências bibliográficas *open source*, que dispõe de uma funcionalidade específica para a administração de filtros booleanos em bibliotecas BibTex.

Tabela 4 – Expressões lógicas(*strings*) de filtragem

Passos	Expressão booleana
Remoção de impurezas	abstract != .+ entrytype = artible InCollection InProceedings
Título e Palavras-chaves	title keywords = intelligent smart ubiquity ubiquitous pervasive context-aware personalized profile service services vehicle transportation automotive
Resumo	abstract != intelligent smart ubiquity ubiquitous pervasive context-aware personalized profile abstract != service services abstract != vehicle transportation automotive

Fonte: elaborado pelo autor.

na etapa de filtragem. Para encerrar a administração dos filtros, a funcionalidade de identificação de obras duplicadas apontou 732 (20%) redundâncias, deixando a biblioteca com 2.946 obras.

A próxima etapa no processo de identificação das obras foi a utilização da ferramenta de mapeamento bibliométrico denominada VOSViewer (ECK; WALTMAN, 2010; ECK et al., 2006), para identificar, dentre os termos comuns às publicações, o nicho de interesse desta pesquisa. Esta ferramenta vem sendo utilizada para identificar *clusters* que apontam áreas de interesse a partir do conteúdo de publicações (HE et al., 2021; GUTIÉRREZ-SALCEDO et al., 2018; HU; GUO; HOU, 2017; SUEBSOMBUT et al., 2017; PINTO, 2015; HEERSMINK et al., 2011). Sua lógica é delineada para permitir a criação de mapas de densidade a partir da quantidade de termos vizinhos, bem como sua proximidade e peso (ECK; WALTMAN, 2010). Resumidamente, é o agrupamento de termos comuns e sua distância entre várias publicações.

Após a normalização dos termos, ou seja, a identificação e classificação de sinônimos comuns, a lógica do VOSViewer identificou 907 termos comuns¹¹ dentre as 2.946 publicações selecionadas. Esses termos foram organizados em cinco grupos de pesquisa, cuja densidade é apresentada na Figura 5. Além disso, a Tabela 5 mostra o número de termos e os termos centrais desses *clusters*.

Tabela 5 – Caracterização dos Clusters

Cluster	#Termos	Termo Central
Vermelho	212	Problemas de Tráfego
Verde	202	Internet
Azul	188	Sistemas de Transporte Inteligentes
Amarelo	167	Veículos Elétricos
Violeta	138	Localização

Fonte: elaborado pelo autor.

¹¹ Somente termos presentes em pelo menos dez publicações

3.5 Clusters de engajamento e pesquisa

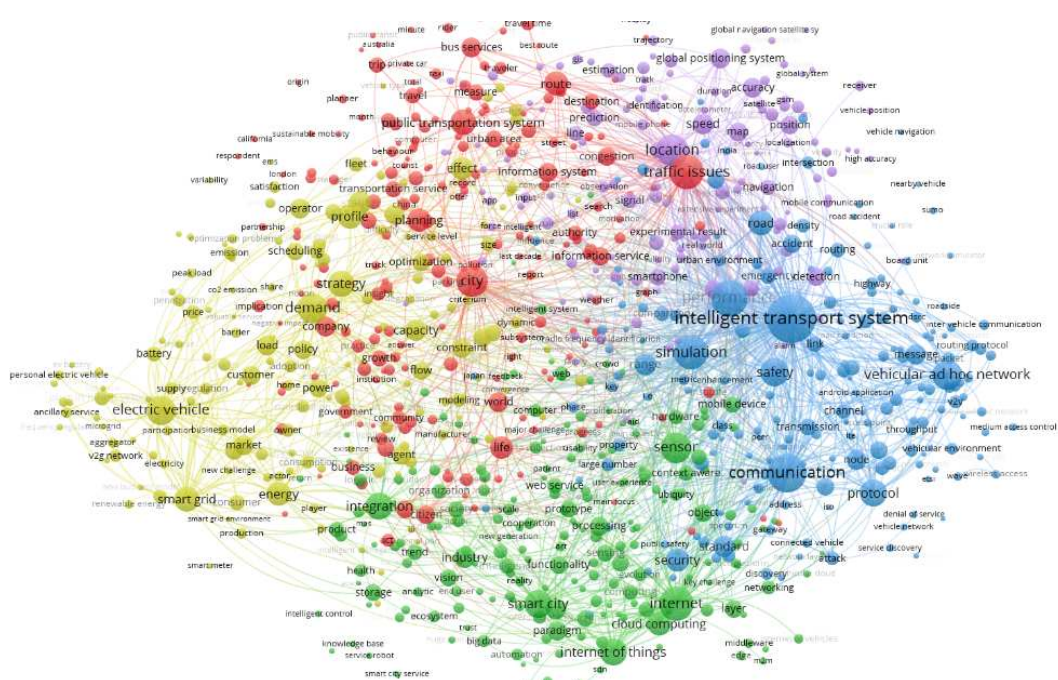
Os *clusters* identificados são caracterizados como:

- **Cluster Vermelho:** Um *cluster* de artigos que compartilhavam 212 termos e envolviam pesquisas em sistemas de transporte público, planejamento, cidades e questões relacionadas a problemas de tráfego. Como exemplo, o termo "traffic issues" foi encontrado em 376 artigos. Em relação ao ano de publicação, a maioria dos artigos foram publicados entre 2012 e 2013.
- **Cluster Amarelo:** Este *cluster* apresenta 167 termos em comum. O ano médio de publicação foi 2012 e agrupa 343 artigos. Os principais tópicos abordados por esse agrupamento foram GPS¹², posicionamento, navegação, rodovias e velocidade. Apontando para a busca de soluções para questões de mobilidade e deslocamento urbano.
- **Cluster Azul:** Esse foi o *cluster* dominante, composto por estudos que exploraram 'Sistemas Inteligentes de Transporte', correspondendo a 774 trabalhos (26 % dos artigos), mas também apresentando conexões com centenas de outros temas, como como comunicação, desempenho, rede *ad-hoc* e simulação. Ao avaliar o período de publicação, foi possível notar que as publicações de 'sistemas de transporte inteligentes' vieram de 2012, pesquisas com foco no desempenho se apresentam em 2013 e simulação e VANETs¹³ são mais

¹² GPS - Sistema de Posicionamento Global

¹³ VANET - redes *ad-hoc* veiculares, fornecem a comunicação sem fio entre veículos e com unidades de beira de estrada (RSU)

Figura 5 – Clusters de pesquisa



Fonte: elaborado pelo autor.

frequentes em 2014. Isso sugere um movimento no foco de pesquisa no interior desse *cluster*.

- **Cluster Verde:** Este *cluster* continha 202 termos e concentrou-se em tópicos atuais, como cidades inteligentes, sensores, IOT, computação em nuvem e computação de borda (*Fog Computing*). Em relação ao ano de publicação, 2015 se apresenta com média.
- **Cluster Violeta:** Esse foi o menor dos *clusters* identificados. Compreendia 138 termos em torno de veículos elétricos, como redes elétricas inteligentes (*smart grid*), demanda de energia e perfis de consumo. A proximidade e a inter-relação com o *cluster* de sistemas de transporte público - *cluster* vermelho - devem ser observadas, pois isso pode apontar para uma sinergia entre esses grupos de pesquisa. Em relação à publicação, esses estudos se consolidam por volta de 2014.

A identificação e apresentação de *clusters* apontam para os principais termos explorados em publicações recentes e, portanto, conexões com o ambiente explorado por estudos que investigam o campo de serviços ubíquos e inteligentes no contexto de usuários de veículos. Após a análise dos *clusters*, os 907 termos identificados para a "clusterização" foram avaliados para encontrar um subconjunto de termos que melhor representasse os requisitos desta pesquisa. Serviços Personalizados (*Personalized Services*) foi o termo que melhor expressou as necessidades deste estudo. Este termo se encontra dentro do *cluster* verde (o *cluster* de tópicos atuais) e apresenta sólidas conexões em todos os outros *clusters* (Figura 6).

3.6 Serviços personalizados

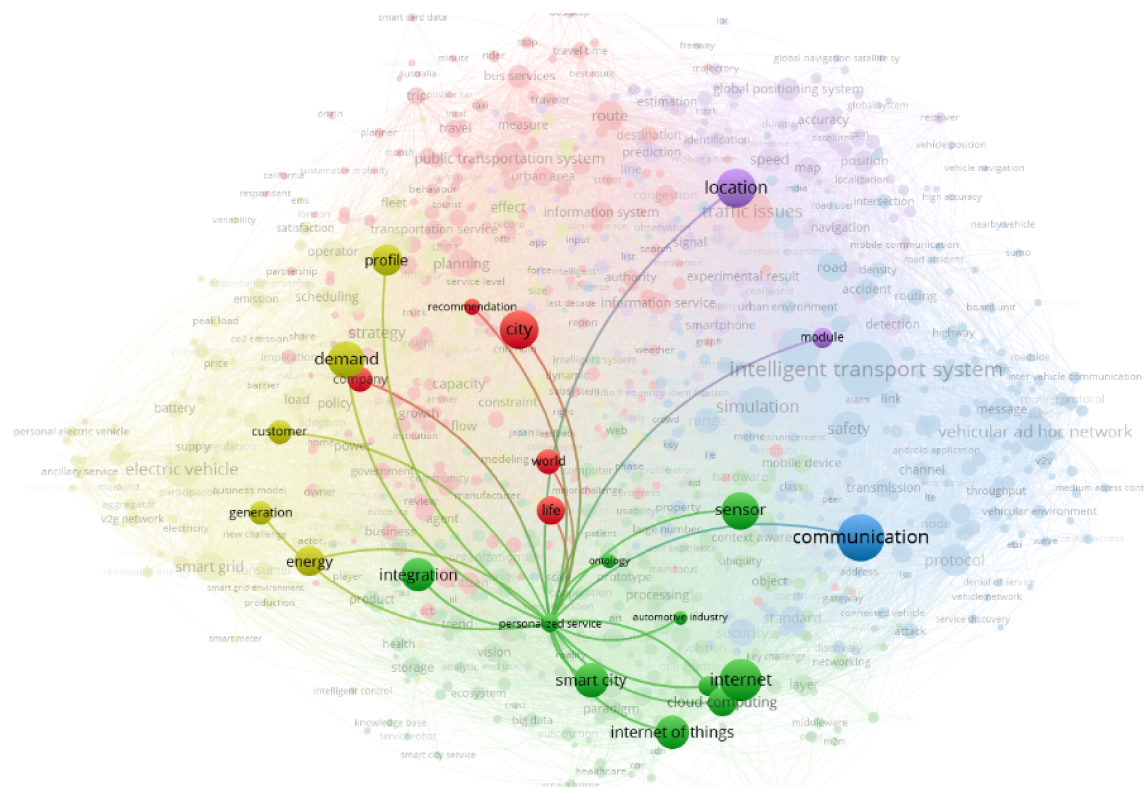
O agrupamento visual de termos nas publicações produziu cinco *clusters* e *Personalized Services* foi selecionado como um subconjunto para avaliação posterior.

A etapa final do processo de obtenção e tratamento das publicações foi inspirado no *Three-Pass Approach* (KESHAV, 2007). Esta abordagem permitiu identificar 39 artigos dos 70 associados ao termo 'Serviços Personalizados'. A relação de artigos selecionados é apresentada no Tabela 17 (Apêndice).

3.7 Resultados

O processo de busca e tratamento de artigos resultou em 39 artigos publicados entre 2001 e 2017, nota-se na Figura 7a a existência de um pico no ano de 2014. Consonante a isso ao se avaliar os meios empregados para a divulgação científica, observa-se que 41% fizeram uso de revistas acadêmicas e 59% foram apresentados em congressos (7b).

Um fato importante a considerar é que a maioria dos artigos foi publicada por autores de diferentes instituições, o que resultou na representação de 63 instituições entre os artigos -

Figura 6 – *Personalized Services* e suas conexões

Fonte: elaborado pelo autor.

78 % focados em ensino e pesquisa (principalmente universidades) e 22 % eram organizações associadas ao setor automotivo e tecnologia (como Toyota[®], Volkswagen[®], Mercedes Benz[®], Fiat[®], Magneti Marelli[®], ERTICO[®] e Dell[®]). Isso denota proximidade entre as universidades e os setores automotivo e de tecnologia.

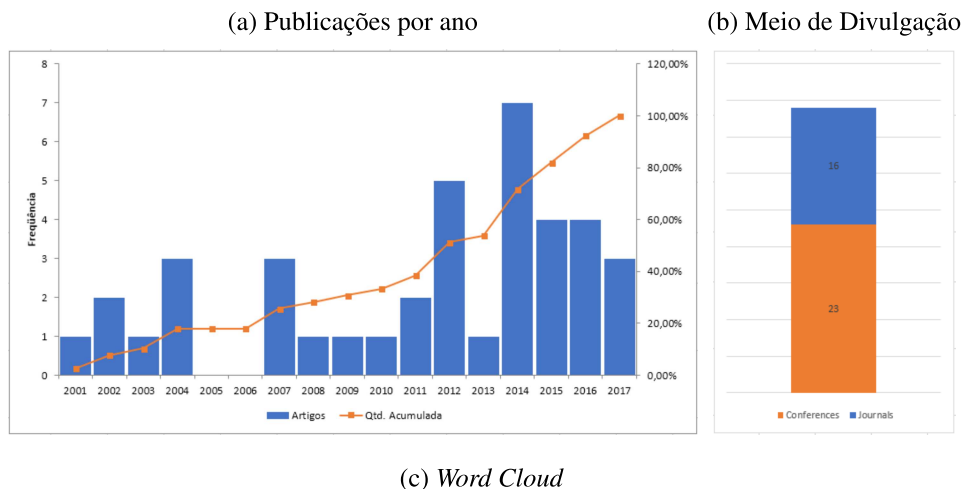
Para um *overview* do conteúdo destes artigos, realizou-se uma plotagem dos resumos, no conceito *WordCloud* apresentado na Figura 7c. Esta imagem aponta termos bem associados aos anseios desta pesquisa: *mobile*, *smart*, *location*, *network*, *security*, *technology*, entre outros.

As subseções a seguir apresentarão como os artigos endereçam as demais questões de pesquisa deste estudo.

3.7.1 Oferta de Serviços Inteligentes

Ao se considerar o espaço dentro de um veículo como um ambiente inteligente (BECKER et al., 2006) muitas oportunidades de oferta de serviços surgem. Uma plataforma de serviços, como parte de um ecossistema inteligente é a proposta de Kolbe et al. (2017), em uma linha similar, Parodi et al. (2016) e Van Der Perri (2007) entendem que a oferta de uma plataforma computacional para a oferta de serviços é relevante. Os serviços a serem oferecidos pela plataforma, em sua grande maioria, são para resolver problemas do motorista como encontrar um bom

Figura 7 – Resultado do processo de busca e tratamento de publicações



Fonte: elaborado pelo autor.

local para estacionar ou apontar a disponibilidade de hotéis em um destino. Van Der Perri (2007) vai além ao propor uma plataforma que compreenda desde sistemática de seguros dinâmica, associada ao perfil de condução do motorista, e ativação de potência do motor sob demanda – *HP as a Service*. Por outro lado Hu et al. (2015) propõe uma plataforma para *deploy* de aplicativos de segurança e bem-estar que façam uso de informações de contexto do usuário.

Foram identificadas obras cuja motivação principal é a saúde e bem-estar dos motoristas. Enquanto Rosadi, Suhardi e Kristyan (2017) se limitam a citar que o tema *Health Care* dentre as possibilidades de serem disponibilizadas em veículos inteligentes, Xu et al. (2014) propõem um *smart car care system* que supervisiona o motorista em busca de sinais de falta atenção, fadiga e alterações de humor para assim apoiar na condução evitando acidentes.

A potencialização dos serviços a serem ofertados se dará pela utilização de sistemas sensíveis a contextos em *real time* (GUO; PISSINOU; IYENGAR, 2016; SUBRAMANYAM; ASHWATH KUMAR, 2016) e assim propiciar ofertas personalizadas (NARAYANAN et al., 2014; WANG; DAVID; CHALON, 2014; DAVID et al., 2013), aliado a isso a modelagem do histórico de deslocamentos do usuário – também importante para a composição do histórico de contextos (ROSA et al., 2015; BARBOSA et al., 2016) – apoiará projetos que envolvam a

predição de condições de trânsito futura (HU; WANG; ZHANG, 2015). Parundekar e Oguchi (2012), em especial, propõem um sistema que combina Web semântica, dados abertos e conectados e *machine learning* para montar um modelo para identificação de lugares prediletos de um condutor, para então, oferecer serviços associados a este contexto.

Questões com relação a infraestrutura para suportar veículos inteligentes, por conseguinte, serviços inteligentes, estão presentes nesta amostra também. A disponibilização de conteúdos, em especial a administração de *cache* foi discutida por Mahmood et al. (2016), por sua vez, Jung et al. (2012) discutem o uso de *Local Based Services Providers* para potencializar a disponibilidade de serviços.

O que hoje se conhece como "central multimídia veicular" terá um papel importante como intermediário para a oferta de serviços personalizados, diversas são as obras (RHIU et al., 2015; ZAFAR; AHMAD, 2014; NAKAMURA et al., 2014; ALVAREZ; LÓPEZ-DE-IPÍÑA; GILBERT, 2012; CHAN, 2011; CONSOLE et al., 2003; CONSOLE et al., 2002; ANGERMANN; FIEBIG; ROBERTSON, 2001) que discutem este tema, quer seja pela personalização baseada no contexto atual ou em histórico de contextos, quer seja pela utilização de tecnologias facilitadoras, como comando de voz, que minimizem a interferência com o condutor. Ressaltando a importância desse tema, Rhiu et al. (2015) alertam sobre a existência de uma lacuna em pesquisas relacionadas a *Infotainment*.

3.7.2 Fatores Críticos de Sucesso

Uma definição para Fatores Críticos de Sucesso (FCS) aponta que estes fatores estão associados a atividades que merecem cuidado e atenção constante da gestão (ROCKART, 1979), neste sentido o levantamento realizado identificou alguns pontos que podem ser determinantes de sucesso em na oferta e aceitação de serviços inteligentes.

A existência de um triunvirato de desafios associados ao tema "carros conectados", outra forma de se referir a "veículos inteligentes", é formado por: conectividade com pouca cobertura, pouca capacidade de armazenamento e alta mobilidade (MAHMOOD et al., 2016), os autores ainda apontam que o caminho para enfrentar estes desafios está na capacidade de se aprimorar os veículos e a infraestrutura necessária para assegurar mobilidade e conectividade a estes veículos.

A qualidade das entregas aos ocupantes de veículos se faz presente nestes artigos, em especial a entrega de serviços confiáveis e convenientes (SUBRAMANYAM; ASHWATH KUMAR, 2016), úteis, seguras, integradas e sem sobrecarga cognitiva (GENA; TORRE, 2004) e a preocupação com o aumento da satisfação dos usuários ao passo que se garante a rentabilidade da operação (ATASOY et al., 2015), o que denota compreensão da existência de diversos *stakeholders* que compartilham este mesmo cenário. Considerando a importância das entregas aos olhos do utilizador (CONSOLE et al., 2003; CONSOLE et al., 2002). apontam seis principais fatores, consolidados na Tabela 6.

Tabela 6 – Fatores Críticos de Sucesso

Fator	Detalhamento
Aprendizado	Sistema deve mapear o comportamento do usuário e fazer uso destes dados para aprimorar suas ofertas
Presença	O sistema deve ser o menos intrusivo possível na construção do perfil do usuário
Interface	As interfaces devem ser simples e naturais
Distração	O sistema não deve ser fonte de distração para o condutor, pois sua principal função é conduzir o veículo
Diversidade	Deve-se atender a múltiplos condutores e, possivelmente a transferência de perfis entre veículos
Conectividade	O sistema deve se comunicar com servidores de informação externo, mas o número de conexões e os volumes de dados trafegados devem ser minimizados

Fonte: adaptado de Console et al. (2003), Console et al. (2002)

Com abordagem mais tecnicista David et al. (2013) associam os FCS as seguintes técnicas: a) *context-aware middleware for ambient intelligence*, b) interface de usuários adequadas aos diferentes perfis de usuários, c) Web 2.0, ou seja, colaborativa, d) IoT como elemento de comunicação autônoma, e) serviços sensíveis a localização em sinergia com o contexto ambiental, e f) um modelo de aprendizagem contextual móvel para apoiar o desenvolvimento destes serviços e suas possibilidades.

3.7.3 Principais Desafios

A característica intrínseca dos veículos é apontada como um dos desafios a implementação de serviços inteligentes (HU et al., 2017), essa característica associada aos problemas existentes nas comunicações *wireless*, por exemplo os limites de bandas e latência, propiciam a perda de pacotes e, naturalmente, erros (NARAYANAN et al., 2014; Van Der Perri, 2007). Mahmood et al. (2016) apontam, em especial, que há limites infraestruturais que tornam os processos mais complexos, em se tratando de uma sistemática que garanta o *cache* de aplicações ao longo do deslocamento de um veículo as opções de armazenamento nos nós das células de telefonia e dados são mais limitados que em um ambiente em nuvem.

É difícil de imaginar um ambiente veicular inteligente sem a presença de sensores e atuadores, elementos clássicos na IoT, é justamente neste campo que existem ainda grande desafios associados a existência de silos verticalizados com tecnologias e protocolos proprietários (KOLBE et al., 2017).

Uma preocupação manifesta em algumas obras (ROSADI; SUHARDI; KRISTYAN, 2017; GUO; PISSINOU; IYENGAR, 2016; HU et al., 2015; AHMED; ANJOMSHOAA; TJOA, 2008) está associada a privacidade dos usuários, ao passo que os perfis, contextos e histórico de contextos são importantes elementos para a oferta de serviços adequados, pairam dúvidas

a respeito do uso para o qual estes dados serão destinados. Rosadi, Suhardi e Kristyan (2017) apontam com clareza que estes serviços não apenas coletam dados sensíveis sobre as pessoas e seu ambiente, mas também afetam as vidas destas pessoas.

Por fim, em algumas obras são apresentados desafios associados a segurança do condutor do veículo, reforçando a necessidade de se criar serviços transparentes e eficientes que não exponham o condutor, e os ocupantes de um veículo, em risco (RHIU et al., 2015; ALVAREZ; LÓPEZ-DE-IPÍÑA; GILBERT, 2012; GENA; TORRE, 2004).

3.7.4 Modelos Computacionais

A busca por modelos computacionais orientados a fornecer serviços de cuidados inteligentes em veículos se mostrou desafiadora, por outro lado, alguns dos elementos necessários para se desenvolver tal modelo estão presentes nas obras identificadas. A Tabela 7 resume as principais características dos modelos identificados.

Tabela 7 – Modelos computacionais relacionados

Modelos	Área de aplicação	Problema ou objetivo	Atores do modelo	Uso de perfis	Uso de contextos	Uso de histórico de contextos	Criptografia e anonimização	Infraestrutura
Xu et al. (2014)	Saúde e segurança	Deteção de fadiga doença do condutor	Condutor do veículo	-	-	-	Não incorporado, aberto a modelos existentes	in-vehicle
Hu et al. (2015)	Saúde e segurança	Segurança ao condutor	Condutor do veículo	Sim	Sim	-	pseudonym-based k-anonymity	Fog + Cloud
Guo, Pissinou e Iyengar (2016)	Privacidade	Privacidade em redes móveis	Usuários de redes móveis	Sim	Sim	-	-	Fog computing
Mahmood et al. (2016)	Cache para conteúdos	Gerenciamento de cache em redes 5G	Ocupantes de veículos	-	-	-	-	Fog computing
Hu et al. (2017)	Infraestrutura	Latência	Ocupantes de veículos	-	-	-	-	Fog computing

Fonte: elaborador pelo autor.

Dentre os modelos identificados, destacam-se Hu et al. (2017) que apresentam uma modelagem para simulações de eventos discretos em *Internet of Vehicle* (IoV) que se propõem a mitigar os riscos associados a latência nas comunicações. Por sua vez, Guo, Pissinou e Iyengar (2016) propõem um *framework* de privacidade que preserva a qualidade do serviço (QoS) sem prejudicar a coleta de dados necessária. E ainda, o modelo probabilístico de Mahmood et al. (2016) que se propõe a administrar o *cache* nos nós das rede e assim, oferecer estabilidade na oferta de conteúdo. Além destes, vale mencionar os modelos de *Health Care* apresentados em Hu et al. (2015) e Xu et al. (2014), que se propõem a responder de forma eficaz tanto nos sinais de distração dos condutores quanto no eventual atendimento a um acidente.

3.8 Sincronismo de publicações

O sincronismo da seção "trabalhos relacionados" deu-se por meio de uma nova busca por publicações nos mesmos motores de busca. As *strings* de pesquisa (apresentados na Tabela 3) foram ajustadas com a adição dos termos *model* e *framework* e com a limitação do escopo de

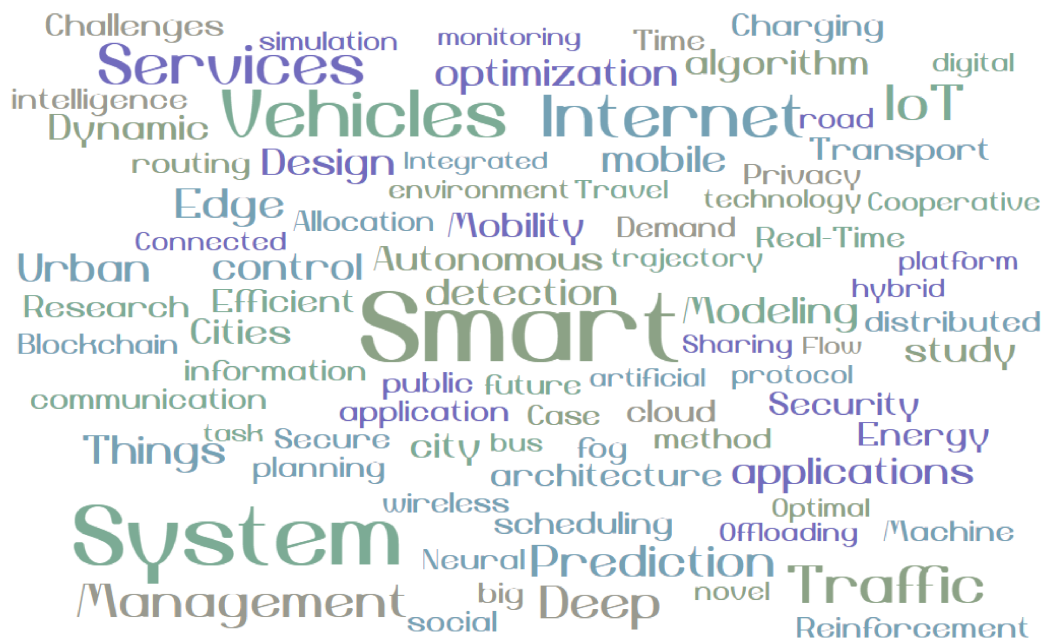
busca para obras publicadas após 2017. A nova busca identificou 4.533 obras, distribuídas entre janeiro 2018 e janeiro de 2022 com pico em 2021 (30% das obras) seguido por 2020 (26%). A Tabela 8 apresenta um comparativo com as quantidades de obras obtidas em cada *engine* nestes dois momentos de busca.

Tabela 8 – Publicações obtidas na atualização

<i>Engine</i>	Coleta Inicial	Atualização
ACM	2.584	303
Springer	16.651	419
ScienceDirect	9.655	586
Scopus	6.523	2.106
WoS	1.897	1.119
Total	37.382	4.533

Fonte: elaborador pelo autor.

Figura 8 – Nuvem de palavras a partir de títulos das obras



Fonte: elaborado pelo autor.

Um resumo visual (Figura 8), conhecido como nuvem de palavras, foi criado a partir de termos recorrentes nos títulos das obras identificadas. Neste resumo percebe-se a aderência dos termos mais frequentes com o alinhamento desta pesquisa.

As obras foram agrupadas por veículos de divulgação científica (*journal*, *magazine*, *proceeding*, ...) e assim se identificam as recorrências dessas fontes. Os principais (25) veículos utilizados nas publicações selecionadas foram estratificados na Tabela 9, nela nota-se a predomi-

nância de veículos associados ao Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) e, em especial, a predominância de publicações no *Journal Open Access* multidisciplinar *IEEE Access*.

Tabela 9 – Principais veículos de publicação

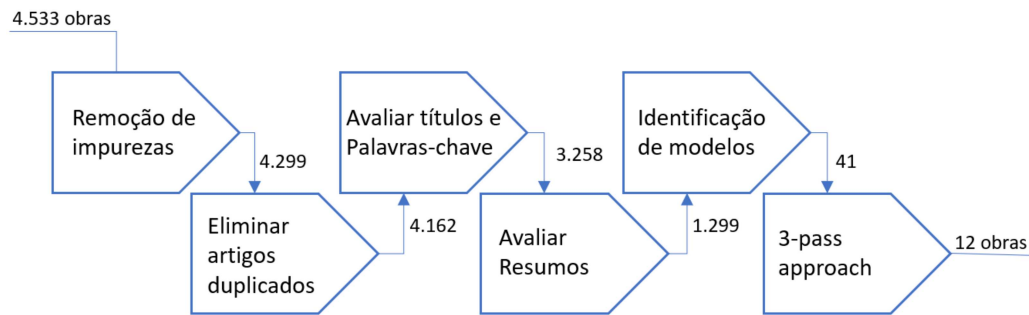
Periódico	Obras
IEEE Access	234
Journal of Supercomputing	172
SN Computer Science	124
IEEE Internet of Things Journal	83
Software and Systems Modeling	72
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	60
Knowledge and Information Systems	58
Computing	57
Personal and Ubiquitous Computing	53
Lecture Notes in Computer Science	52
Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering	52
Advances in Intelligent Systems and Computing	52
AI and Society	51
Personal and Ubiquitous Computing	50
Artificial Intelligence Review	49
IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems	47
Frontiers of Computer Science	46
World Wide Web	43
Journal of Cloud Computing	42
Education and Information Technologies	40
International Journal of Information Technology (Singapore)	39
IEEE Transactions on Industrial Informatics	35
IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems	35
IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems	33
Journal of Computer Science and Technology	30

Fonte: elaborado pelo autor.

Com o intuito de identificar modelos e *frameworks* para suporte a oferta de serviços em veículos se realizou o pós processamento da biblioteca de obras identificadas. Os critérios de inclusão, exclusão e procedimentos estabelecidos na seção 3.3 foram utilizados em acordo com o fluxo de filtragem apresentado na Figura 9. A primeira etapa deste fluxo, remoção de impurezas, recebeu 4.533 obras e reduziu a biblioteca em 5,2%, a etapa seguinte, eliminação de duplicidades, foi responsável por uma redução de 3,2%, na avaliação de títulos e palavras chave obteve-se 21,7% de redução, ao se avaliar os resumos restringiu-se a biblioteca em 60%, a etapa de identificação de modelos apontou 41 obras (-97%) para a etapa final, *3-pass approach*, que consolidou 12 obras relevantes (Tabela 10).

A análise das doze obras selecionadas apontou modelos, *frameworks* e um algoritmo para suporte a serviços inteligentes em veículos. Propostas associadas a descentralização e recomendação foram mais recorrentes. Um breve resumo de cada obra é apresentado a seguir:

Figura 9 – Fluxo de filtragem na atualização de obras



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 10 – Novas publicações selecionadas

Pesquisadores (Ano)	Publicação
Distefano, Giacomo e Mazzara (2021)	Trustworthiness for Transportation Ecosystems: The Blockchain Vehicle Information System
Maffiola et al. (2021)	GOLIATH: A Decentralized Framework for Data Collection in Intelligent Transportation Systems
Raees et al. (2021)	Context-Aware Services Using MANETs for Long-Distance Vehicular Systems: A Cognitive Agent-Based Model
Yuan et al. (2021)	DeResolver: A decentralized negotiation and conflict resolution framework for smart city services
Khowaja, Yahya e Lee (2020)	CAPHAR: context-aware personalized human activity recognition using associative learning in smart environments
Chen, Tan e Cao (2019)	Energy-aware and context-aware video streaming on smartphones
Kashevnik e Lashkov (2019)	Intelligent Driver Decision Support System in Vehicle Cabin: Reference Model for Dangerous Events Recognition and Learning
Tran et al. (2019)	Task Placement on Fog Computing Made Efficient for IoT Application Provision
Zia et al. (2019)	Towards Exploration of Social in Social Internet of Vehicles Using an Agent-Based Simulation
Iqbal et al. (2018)	Context-aware data-driven intelligent framework for fog infrastructures in internet of vehicles
Minh, Kamioka e Yamada (2018)	CFC-ITS: Context-Aware Fog Computing for Intelligent Transportation Systems
Rehena e Janssen (2018)	Towards a Framework for Context-Aware Intelligent Traffic Management System in Smart Cities

Fonte: elaborado pelo autor.

DeResolver, um *framework* para resolução descentralizada de conflitos entre serviços ofertados em cidades inteligentes e conectadas é proposto por Yuan et al. (2021). Os autores argumentam que a descentralização de estratégias de resolução de conflitos podem sustentar a privacidade dos serviços, desonera os gestores de cidades inteligentes da administração e manutenção da priorização de serviços e, por fim, propicia a resolução independente de conflitos em cada ocorrência, mesmo que os conflitos aconteçam de forma simultânea.

Por sua vez, Maffiola et al. (2021) apresentam GOLIATH um *framework* baseado em *blockchain* associada ao sistema de Infoentretenimento veicular. O objetivo é promover uma

alternativa descentralizada aos tradicionais serviços centralizados de coleta de troca de dados em tempo real.

Distefano, Giacomo e Mazzara (2021) especificam a arquitetura de referência para um sistema de informações veiculares (VIS) com *blockchain* com o objetivo de que todas as entidades de um ecossistema de transportes (*stakeholders*, passageiros, mercadorias, infraestrutura, sensores e atuadores, veículos, serviços, etc...) interajam de forma confiável e segura. Por fim, os autores manifestam o desejo de promover uma visão de um ecossistema confiável centrado em veículos com foco na mobilidade para estender o escopo de sistemas inteligentes de transporte para sistemas de atividades.

CFC-ITS é o *framework* para *fog computing* sensível a contexto em sistemas de transporte inteligente proposto por Minh, Kamioka e Yamada (2018). Este *framework* se propõe a prover múltiplas camadas inteligentes para suporte de serviços em Sistemas de Transporte Inteligentes, IoT ou cidades inteligentes e conectadas. O *framework* conta com um mecanismo descentralizado sensível a contexto para suporte a serviços inteligentes.

Iqbal et al. (2018) propõem um *framework* inteligente de dados contextualizados para infraestrutura de *fog computing*. Soluções tradicionais centralizadas de nuvem enfrentam desafios para atender demandas em *real time/near real* e suportar aplicações críticas. Este *framework* orientado a dados suporta as demandas de dados em *real/near real time* pela coleta, processamento e análise de dados baseado em contexto da camada *fog* da arquitetura de internet veicular.

Com foco em veículos de transporte que percorrem grandes distâncias, Raees et al. (2021) propõem um modelo de recomendação de serviços baseados em contexto. Os autores desenvolveram uma modelagem baseada em agentes para simular a proposta no corredor econômico China-Paquistão. O principal serviço suportado pelo modelo é o apoio e monitoramento de veículos de cargas no transporte de longas distâncias.

Zia et al. (2019) apresentam um modelo baseado em agentes para um sistema de recomendação no cenário de redes sociais em internet veicular. A hipótese de que dinâmicas internas de evolução de redes de amizade iriam aumentar a adequação das recomendações foi parcialmente verificada; uma segunda hipótese, associada ao compartilhamento de informações promovendo a distribuição de recursos de forma mais justa é fortemente verificada; e, por fim, a hipótese da relação entre o compartilhamento precoce de informações e a promoção de melhores recomendações é verificada com a ressalva de que os melhores resultados são alcançados com moderados níveis de atraso no compartilhamento de informações.

Uma abordagem multi camadas inteligente para atribuição de tarefas em *fog computing* é apresentada por Tran et al. (2019). O mecanismo de provisionamento de tarefas faz uso de reconhecimento de contexto para otimizar o uso de recursos na borda da rede e o desempenho dos serviços de IoT, em especial no tempo de resposta, consumo de energia e redução de custos.

O *framework* apresentado por Khowaja, Yahya e Lee (2020) se propõe a identificar ações

humanas personalizadas com uso de regras de associação e informação de contexto. Os autores defendem este *framework* é superior aos métodos de identificação convencionais, baseados em classificação discriminativa e generativa.

Preocupados com a qualidade da experiência em consumir *streaming* em veículos em movimento, Chen, Tan e Cao (2019) propõem um algoritmo para aprimorar a experiência a partir de dados de contexto coletados dos sensores do *smartphone* do usuário para identificar vibrações, por exemplo. O algoritmo se propõe também a economizar energia do dispositivo ao otimizar de forma racional a banda de dados.

Com foco em segurança, Kashevnik e Lashkov (2019) apresentam um modelo de referência para um sistema inteligente de suporte à decisão para o condutor de veículos. Esse sistema faz uso de imagens coletadas pela câmera e dados dos sensores do *smartphone*. O principal objetivo do sistema é o reconhecimento de eventos perigosos como distração, sonolência, fadiga e uso de álcool. Reconhecimento de padrões de comportamento darão suporte à geração de recomendações baseadas em contexto para o condutor.

Rehena e Janssen (2018) apresentam um *framework* para um sistema inteligente de gestão de tráfego. O *framework* é estruturado em quatro componentes: dados, analíticos de gestão de tráfego, atores e ações para atuar sobre os cinco desafios da gestão de tráfego: bases de dados heterogêneas, captura de dados, processamento de dados e tomada de decisão, gestão de dados e interesses dos atores.

Por fim, a busca de obras atualizadas identificou novos *frameworks* e modelos voltados principalmente para a descentralização e recomendação. Alguns destes fazem uso de tecnologias emergentes como o *blockchain*, outros são associados ao paradigma *fog computing* para potencializar a computação de borda (*edge computing*) em especial nos sistemas de transporte inteligente. Identificou-se também modelos destinados a reconhecer ações e comportamentos das pessoas, um deles em especial com foco em segurança de condutores e oferta de serviços em trajetos de longa distância. Em comum a todos eles o uso de informações de contexto para a promoção de serviços.

3.9 Discussões

O presente estudo investigou publicações relacionadas à oferta de serviços inteligentes em veículos, a pesquisa revela que o principal foco de atenção é o motorista. No entanto, existem evidências de plataformas de serviço que abordam aspectos técnicos do entorno dos serviços de transporte, questões de segurança e *Health Care*.

Alguns artigos relatam o uso de perfis, histórico de contextos e predição de contextos. Entretanto, não foram identificadas implementações de serviços inteligentes em veículos, apenas menções ao uso de contexto, perfis históricos, predição de contextos ou consenso.

A extensão do protocolo de mapeamento sistemático do Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015), onde se incluiu uma etapa de filtragem visual, visa trazer mais transparência ao estágio de inclusão de heurísticas de filtragem. Para restringir a coleção de artigos, adotou-se 'serviços personalizados', do *cluster* Verde, por estar diretamente associado ao tema central deste estudo. A personalização desempenha um papel consistente na oferta de serviços inteligentes, além disso, alavanca a interação, parte central do desafio envolto na determinação de interfaces Humano-Computador (HCI).

A etapa de filtragem visual também revelou a existência de cinco grupos de pesquisa ativos. Indicou que o *cluster* Vermelho estava muito integrado aos *clusters* Amarelo e Violeta, o que pode indicar uma confluência de pesquisas envolvendo o uso de veículos elétricos como soluções para o transporte público equipado com sistemas de navegação inteligentes.

O *cluster* Azul apresenta limites bem definidos, o que pode denotar a maturidade dos 'sistemas de transporte inteligentes' com áreas consolidadas de pesquisa. Por outro lado, o *cluster* Verde foi o agrupamento mais jovem de interesses de pesquisa. Nesse *cluster*, havia assuntos em consolidação e oportunidades para expandir os horizontes da pesquisa.

Um ambiente de alta mobilidade, como dentro de um veículo em movimento, enfrenta desafios significativos. A pesquisa revela que as principais preocupações da oferta de serviço nesse entorno são a conectividade, capacidade de armazenamento no veículo, segurança de dados, privacidade e integração de tecnologias proprietárias. Em sendo assim a oferta de serviços em veículos demanda uma solução confiável, conveniente, segura, integrada e lucrativa.

Enquanto veículos autônomos para transporte de pessoas não se consolidem, o condutor mantém seu importante papel - dirigir com segurança. Para garantir que os motoristas "mantenham os olhos na estrada e as mãos no volante", existem avanços no reconhecimento automático de fala (ASR) em veículos. A fala é uma ferramenta essencial de interação entre humanos, mas ainda não entre humanos e computadores; os desenvolvimentos nessa área são facilitadores de HCI.

Uma direção futura no campo parece ser a consolidação de um sistema genérico de diálogo no veículo (reconhecimento de linguagem para várias pessoas e geração de linguagem natural) para apoiar todos os ocupantes de um veículo. Outra direção futura está relacionada à infraestrutura; existem múltiplos protocolos e a transmissão de dados entre eles é uma tarefa desafiadora. Um movimento para consolidar um protocolo padrão promoverá inovações neste campo.

Privacidade, tolerância a falhas e uso inteligente de recursos são alguns dos fatores críticos de sucesso identificados. A interação com VANETs, Veículo-à-Veículo (V2V) e Veículo-à-Infraestrutura (V2I) permanece um desafio e deverá suportar transferência de dados em alta velocidade e baixo volume.

Em se tratando da oferta de serviços inteligentes, é essencial entender o espaço dentro

de um veículo como um espaço móvel inteligente, disponível para um número limitado de ocupantes; como tal, a prestação de serviços adequados no momento mais apropriado será um ativo valioso para empresas na promoção de novas experiências aos usuários.

Considere um sistema computacional que identifique todos os padrões de comportamento (perfis de usuário) dentro de um veículo e, com base no contexto real (dados transacionados em VANET's, RSU, sensores no veículo, etc.) e histórico de contextos, avalie as conexões dentro desta comunidade temporária (consenso) para oferecer serviços adequados para a comunidade e para o indivíduo. Esse sistema computacional seria capaz de fornecer serviços inteligentes compartilhados e pessoais. Os serviços compartilhados seriam, por exemplo, temperatura e som do ambiente, rotas determinadas dinamicamente, serviços educacionais baseados em aprendizado ubíquo (LARENTIS et al., 2019; ABECH et al., 2016) e ofertas de marketing. Um indivíduo pode receber serviços exclusivos, configuração personalizada do sistema de entretenimento e informações contextualizadas à sua necessidade presente, acesso a plataformas de treinamento personalizadas e assim por diante. Para tanto, esse sistema precisará identificar as personas ¹⁴ presentes no veículo e o local onde estão por meio de sensores existentes no interior do veículo.

3.10 Considerações finais

Este capítulo apresentou uma pesquisa realizada a partir de cinco bancos de dados científico com o objetivo de mapear estudos associados a oferta de serviços inteligentes em veículos. Um processo estruturado e sistemático de mapeamento permitiu a identificação de 39 artigos relevantes das 37.328 publicações inicialmente obtidas. Ao longo do caminho, foram identificados cinco grupos de interesses de pesquisa nesse campo.

A contribuição desta pesquisa, no campo científico, é a expansão de um protocolo de mapeamento sistemático com etapa de agrupamento visual. Esta etapa de agrupamento por um lado apresenta a existência de cinco grupos de pesquisa ativos e por outro permite observar uma evolução temporal nos temas de interesse que se iniciam no final dos anos 90 a partir de problemas de tráfego, sistemas de transporte inteligentes e criação de perfis e avançam para cidades inteligentes, Internet das Coisas (IOT), *big data*, *fog computing* e internet de veículos na atualidade. Outra contribuição relevante é o entendimento de que os desafios associados à implementação de serviços inteligentes para usuários de veículos estão relacionados à segurança dos dados, infraestrutura, conectividade e alta mobilidade.

Estudos de mapeamento sistemático estão sujeitos a riscos que podem afetar os resultados devido a decisões tomadas durante a fase de planejamento e viés do autor ao longo das análises. Portanto, existe o risco de perda de artigos relevantes, o que poderia limitar a generalização dos resultados. Para mitigar esse risco, se fez uso de *string* de pesquisa que considerem variantes conhecidas dos termos desejados e também decidiu-se coletar dados de cinco mecanismos

¹⁴ Persona é um gêmeo digital de uma pessoa sem dados pessoais sensíveis - anonimização.

de pesquisa científicos globais. Em um esforço para minimizar o viés do autor, adaptou-se o protocolo amplamente conhecido de mapeamento sistemático de Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz (2015) associado-o às técnicas de agrupamento propostas por Eck et al. (2006) e a abordagem de leitura aprofundada de Keshav (2007).

4 MODELO SURYA

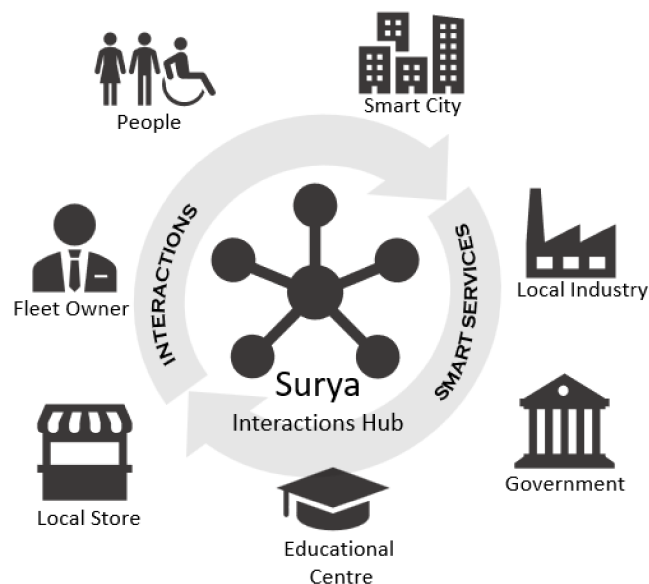
Este capítulo apresenta o modelo SURYA desenvolvido para ofertar serviços inteligentes em ecossistemas de mobilidade, um modelo que utiliza histórico de contextos na promoção de serviços aos atores do ecossistema.

A apresentação do modelo se dará em quatro seções, inicia-se pela caracterização e visão geral do modelo, se segue com a apresentação de sete casos de uso - um para cada ator de um ecossistema de mobilidade - detalhando serviços inteligentes suportados pelo modelo, em seguida apresentação e discussão da arquitetura tecnológica do modelo. As seções finais deste capítulo se destinam a apresentação da SuryaOnto - ontologia para o domínio de conhecimento dos serviços para ecossistemas de mobilidade - e considerações finais.

4.1 Visão geral

Surya¹ é um modelo computacional concebido para ofertar serviços inteligentes à ecossistemas de mobilidade. Por analogia a raiz etimológica de seu nome (sol) compreende-se que a oferta de serviços inteligentes irá se consolidar como um agente relevante no suporte de estratégias que envolvam pessoas, veículos, organizações e suas relações.

Figura 10 – Surya *Hub* de interações



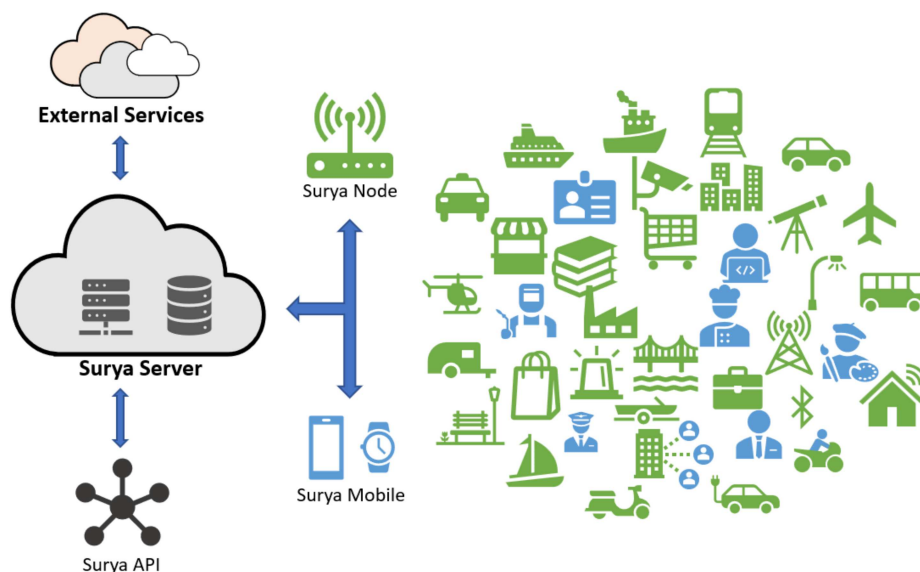
Fonte: elaborado pelo autor.

¹ Surya é uma palavra de originária do sânscrito utilizada para se referenciar o sol. Consonante a isso, a mitologia Hindu apresenta Surya como uma deidade associada ao sol que presta grandes serviços a humanidade – dissipar a escuridão, curar doenças, aquecer e iluminar o mundo – sua onipresença (ubiquidade) é inquestionável (BRITANNICA, 2018; OXFORD, 2018).

A coleta sistemática dos dados provenientes das relações (interações) entre os agentes de um ecossistema de mobilidade permite a consolidação de um *hub* de interações e, este *hub*, pode sustentar uma plataforma de oferta de serviços inteligentes aos atores deste ecossistema. Interações podem oportunizar dados relevantes para a composição de perfis e contextos e, por conseguinte, histórico de contextos de todas as entidades envolvidas. A Figura 10 apresenta os sete atores de um ecossistema de mobilidade e a sumarização do conceito do *hub* de interações: compreender as interações entre os atores de um ecossistema de mobilidade para a promoção de serviços inteligentes.

Abbosh et al. (2019) apontam que o segmento de mobilidade, dentre outros, está passando por um momento de volatilidade estratégica e disrupção, neste cenário há constante fomento a busca de novas soluções. Tendo em vista a existência de pesquisas que reiteram a relevância da utilização de perfis, contextos e histórico de contextos na oferta de serviços inteligentes (NEOGI et al., 2021; CHAVHAN et al., 2020; VIANNA; BARBOSA, 2019; BARBOSA, 2016; WIEDMANN et al., 2016; BARBOSA, 2015; SILVA et al., 2010), um desdobramento natural é a concepção de um modelo para suportar a oferta de serviços inteligentes em ecossistemas de mobilidade. O modelo Surya vem ao encontro desta oportunidade.

Figura 11 – Componentes do modelo Surya



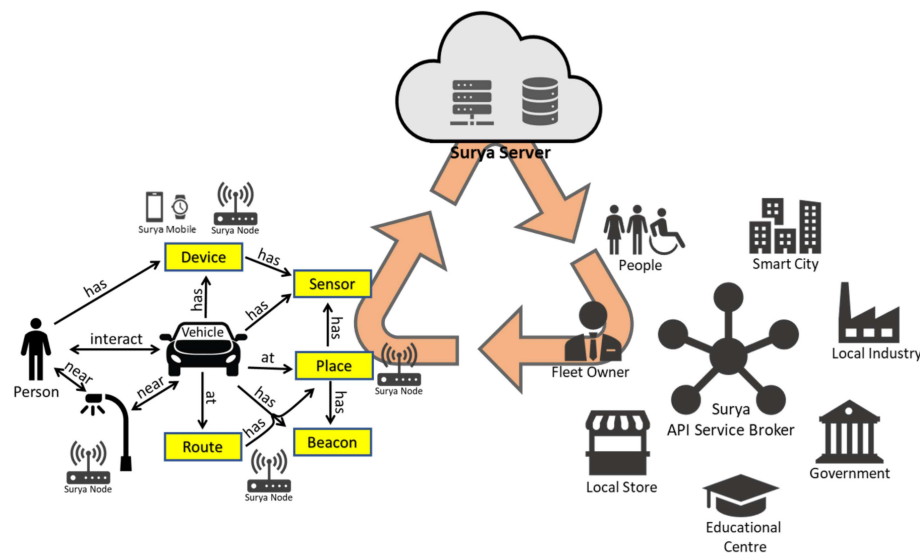
Fonte: elaborado pelo autor.

O **modelo Surya** é composto por quatro elementos centrais (Figura 11): **Surya Mobile** se posiciona como interface para oferta de serviços inteligentes às pessoas, realiza a coleta de dados e o mapeamento de entidades próximas (veículos, pessoas, infraestrutura, equipamentos viários, entre outros); **Surya Node** são dispositivos para uso em veículos, infraestruturas e equipamentos de sinalização viária (*Roadside units* - RSU) para mapear interações entre eles e deles com pessoas (*Surya Mobile*); **Surya Server** trata-se da plataforma, hospedada em uma nuvem pública, para a armazenagem, processamento, análise de dados e acesso a serviços externos e **Surya**

API que atua como *API Service Broker* do modelo para compartilhar os dados e entregar os serviços inteligentes aos agentes de um ecossistema de mobilidade inteligente.

As interações entre agentes de um ecossistema de mobilidade inteligente perpassam a simples aproximação física e visual. Dispositivos (*smart objects*) de coleta de dados como sensores, *beacons* e atuadores estão onipresentes em um ambiente inteligente. Este é um cenário recorrente no contexto de cidades inteligentes onde pessoas, veículos, rodovias, semáforos, sinalizações, pontes, viadutos são elementos ativos tanto na geração quanto no consumo de dados. O modelo esquemático do fluxo de dados do Surya para um ecossistema de mobilidade inteligente é apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Modelo esquemático do fluxo de dados no modelo Surya



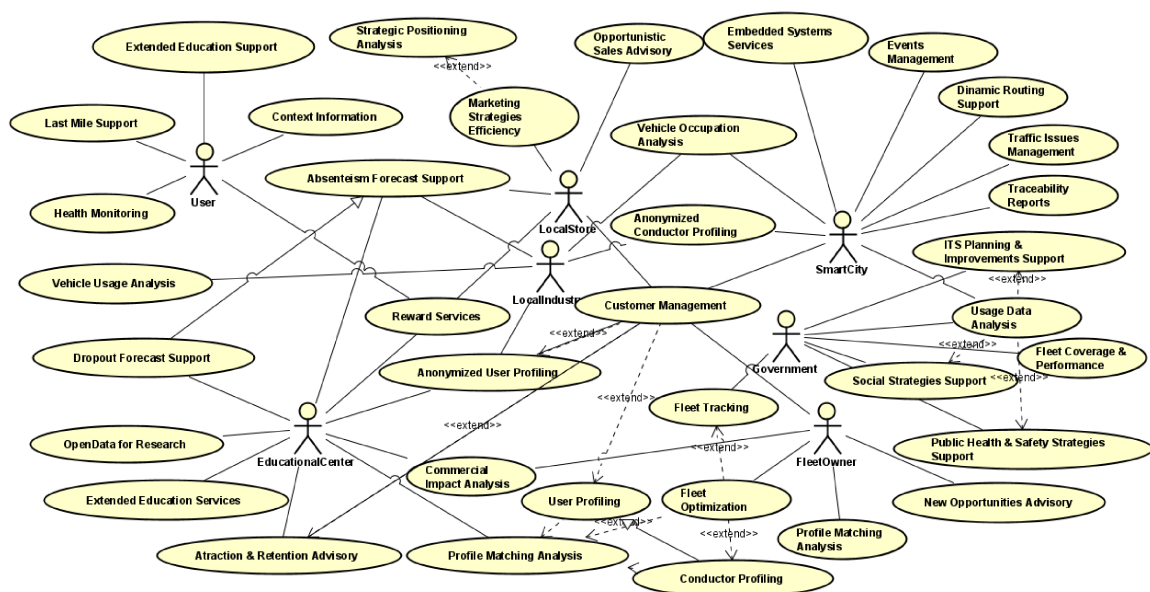
Fonte: elaborado pelo autor.

No modelo esquemático apresentado na Figura 12 tem-se, a esquerda, uma interação entre uma pessoa, um veículo e equipamentos viários. Esta pessoa tem um dispositivo pessoal com o *Surya Mobile* ativo, há também diversos *Surya Nodes* distribuídos ao longo das rotas que o veículo e a pessoa realizaram, na infraestrutura e nos equipamentos viários presentes ao longo do caminho. Dados das interações entre a pessoa, veículo e equipamentos viários são coletados e enviados para tratamento e armazenamento no *Surya Server*. A direita da imagem percebe-se os sete atores do ecossistema de mobilidade, estes atores podem fazer uso dos serviços oferecidos pelo Surya por meio do *API Service broker*, consumindo ou alimentando estes serviços inteligentes. Os dados obtidos nesse cenário propiciam a criação e manutenção de perfis, a identificação de contextos e a composição de histórico de contextos. Este dados serão utilizados na oferta de serviços inteligentes tanto à esta pessoa (entregues no *Surya Mobile*) quanto aos demais atores do ecossistema por meio do *Surya API Service Broker*. Fazer uso de histórico de contextos para apoiar a compreensão de situações cotidianas e explorar contextos futuros é uma das estratégias alavancadoras de serviços inteligentes do Surya.

4.2 Casos de Uso

Casos de uso são uma forma de expressar e documentar necessidades de um sistema a partir dos atores que as demandam (GUEDES, 2018). A partir das obras de Flügge (2017), Longo, Zappatore e Navathe (2019) e da proximidade do autor com o segmento de mobilidade foram identificados sete atores comuns a um ecossistema de mobilidade. A Figura 13 posiciona estes atores em meio aos serviços oferecidos, cabe observar a existência de serviços compartilhados, ou seja, destinados a mais de um ator. A apresentação dos serviços foi estruturada em casos de uso e será realizada nas subseções seguintes.

Figura 13 – Atores e serviços do modelo Surya



Fonte: elaborado pelo autor.

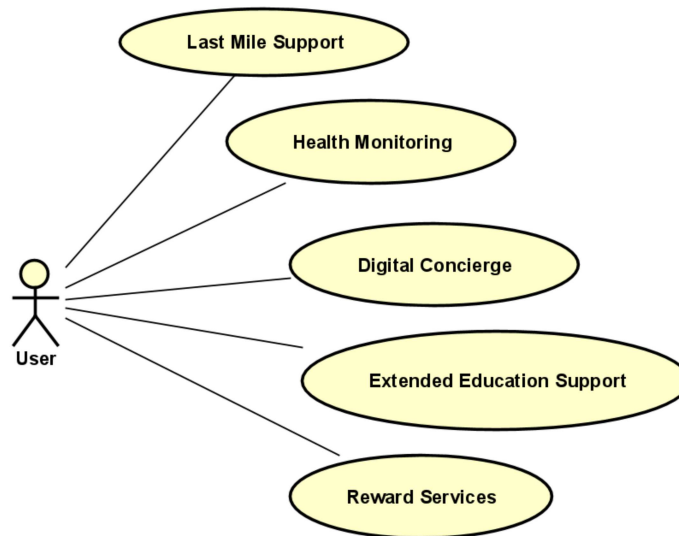
A composição dos casos de uso partiu da identificação de serviços que respondessem a questão: **Como um(a) ator² poderia se beneficiar de conhecimentos produzidos a partir de interações entre os atores do ecossistema de mobilidade?** As respostas obtidas foram agrupadas, detalhadas e compiladas em listas de serviços inteligentes suportados pelo Surya. A seguir, apresenta-se um caso de uso para cada ator com os serviços inteligentes identificados e seu detalhamento.

4.2.1 User - Usuário do sistema de mobilidade urbana

Este ator é ativo no Surya, atuante nas interações se torna a principal fonte de dados do sistema ao passo que lhe serão ofertados serviços inteligentes que considerem seu perfil e histórico de contextos. A figura 14 apresenta o caso de uso deste ator.

² Considera-se como ator de um ecossistema de mobilidade: Usuário, Frotista, Governo, Indústria, Comércio, Centro de ensino e Cidades Inteligentes e Sustentáveis

Figura 14 – Caso de uso: usuário



Fonte: elaborado pelo autor.

Dentre os serviços que podem ser disponibilizados pelo Surya para este ator, destacam-se:

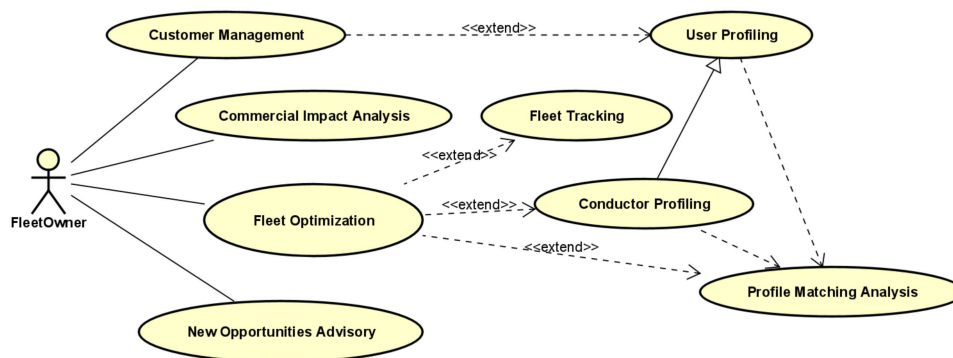
- **Last Mile Support:** a interconexão de modais, embora ainda tenha desafios, se consolida como uma forma inteligente de aproveitamento de frotas. Oferecer opções de deslocamento no final de uma viagem que estejam alinhadas com o perfil e histórico de contextos de um usuário poderá lhe proporcionar um melhor aproveitamento do tempo.
- **Health Monitoring:** a utilização de sensores em assentos e câmeras no interior dos veículos para suporte contínuo à saúde de ocupantes de veículos. Estes serviços podem ir além do acompanhamento da temperatura corporal (indicativo de mal estar) e monitoramento do nível de atenção em condutores. A integração com sensores presentes em vestíveis e *biohacking* potencializa a oferta de serviços de saúde integral à partir de perfis, histórico e padrões de comportamento.
- **Digital Concierge:** dados coletados de sensores de geolocalização aliados ao perfil e aos históricos de contextos do ocupante podem potencializar ofertas comerciais direcionadas e qualificadas. Conhecer os interesses e comportamentos de um usuário a respeito de diferentes ofertas de serviços pode compor uma parte importante do perfil deste usuário. Se o veículo estiver sendo compartilhado com outras pessoas, algoritmos de análise de consenso qualificam as ofertas ao grupo.
- **Extended Education Support:** este modelo irá suportar o conceito de educação ubíqua (ANDRADE; RIGO; BARBOSA, 2021; BARBOSA et al., 2008) ao levar os mecanismos de construção de conhecimento para dentro de um veículo. Sensores poderão apoiar as análises de efetividade destes mecanismos ao passo que o ambiente de aprendizagem recebe constantes *feedbacks* para garantir maior aderência ao perfil do usuário.

- **Reward Services:** A coleta de dados necessários para a potencialização de serviços serão custeados pelos mecanismos de recompensa. *Data Marketplaces* poderão interagir com os mecanismos deste modelo para intercâmbio de dados, anonimizados, e ofertas de serviços.

4.2.2 Fleet Owner - Frotista

Na seara do transporte de passageiros existe o papel do frotista, ou dono da frota, este ator personifica a organização responsável pela prestação de serviços de locomoção de pessoas e transporte de bens por terra, ar ou mar. Em se tratando das operações terrestres existem basicamente dois grupos de frotistas aqueles que têm concessões de rotas municipal (operação urbana) ou estadual (operação intermunicipal) e frotistas que operam no segmento de fretamento, ou seja, com o transporte particular de passageiros, aqui se enquadram a maioria dos operadores turísticos e as companhias que realizam transporte para empresas e escolas, por exemplo (CNT, 2020). Os serviços inteligentes à serem oferecidos aos frotistas são apresentados na Figura 15.

Figura 15 – Caso de uso: frotista



Fonte: elaborado pelo autor.

Os serviços que podem ser disponibilizados a este ator são:

- **Customer Management:** gerenciamento do relacionamento com os clientes pode ser potencializado com o uso deste *hub*. Estimar a receptividade à estratégias comerciais para um novo perfil a partir da análise de aderência a perfis anonimizados similares / similaridade de contextos e oferecer recompensas baseadas no histórico de interações com a frota são alguns dos serviços entregues pela plataforma.
- **User Profiling:** este é um dos mecanismos básicos do Surya. É responsável pela composição e manutenção dos perfis de usuário, contextos e histórico de contextos. A anonimização de dados também é um dos papéis desempenhados por este módulo pois, há serviços que não demandam (ou devem) utilizar dados individualizados.
- **Commercial Impact Analysis:** estratégias comerciais carecem de instrumentos que meçam a sua efetividade. O *hub* de interações pode propiciar análises que permitam compreender

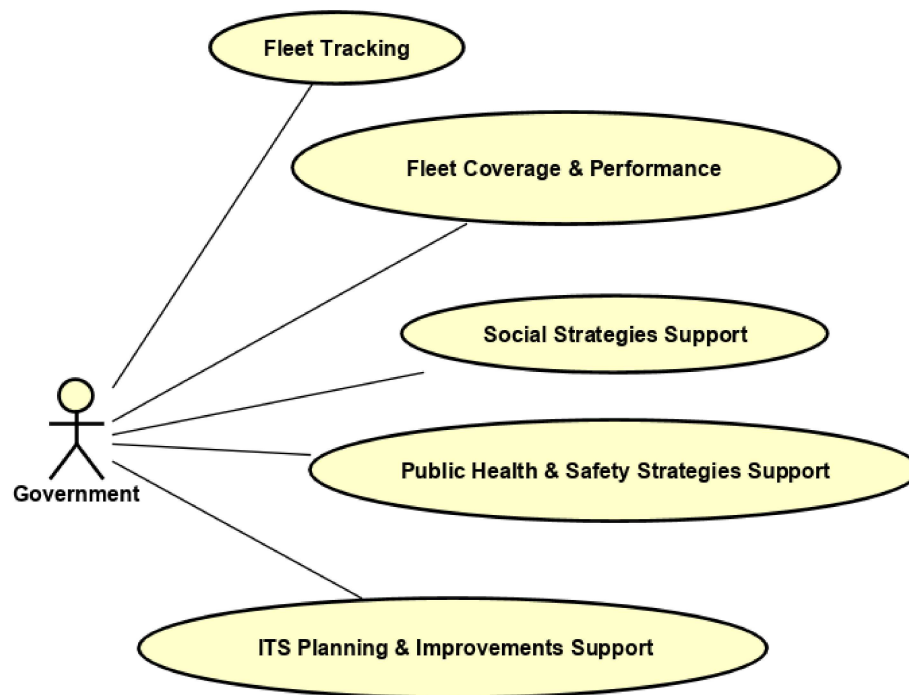
com mais eficácia a efetividade de estratégias comerciais a partir do acompanhamento de variações nos histórico de contextos e nível de erro da predição de contextos.

- **Fleet Optimization:** a otimização de frotas é um tema de pesquisa recorrente (DANASSIS et al., 2022; BAYKASOĞLU et al., 2021; TIAN; LIN; WANG, 2020). Surya poderá aportar contexto a estas análises permitindo, por exemplo, escolher o melhor condutor para um determinado perfil de ocupantes em um veículo ou, a partir da integração com os serviços de *Last Mile*, perceber potenciais atrasos e preparar medidas de contorno. Da mesma forma, será possível otimizar a alocação de assentos tendo por base preferências dos usuários e sua pré-disposição a antecipar ou retardar o início de uma viagem.
- **Conductor Profiling:** trata-se de uma generalização de *User Profiling* para uma categoria especial de usuários do *hub* que é formada pelos condutores (onde existirem) de veículos. Identificar, compor e manter seus perfis é parte fundamental deste componente.
- **Fleet Tracking:** localização e percurso (planejado e real) é uma demanda recorrente na gestão de frotas veiculares. Este serviço visa atender a esta necessidade com a utilização de dados obtidos das interações de veículos com RSU (*road-side units*), entre veículos (VANET) e geo-referenciados.
- **Profile Matching Analysis:** a principal contribuição deste serviço está em compreender os diferentes perfis de ocupantes de um veículo e apontar condutores com perfis compatíveis com o perfil da comunidade temporária criada no interior deste veículo.
- **New Opportunities Advisory:** este serviço faz uso de mineração de dados para apoiar o frotista na exploração de novas oportunidades, como por exemplo identificar sobre posição de rotas com outras empresas fomentando parcerias. Entende-se que isso será possível pelo cruzamento de perfis de clientes da organização com dados anonimizados de outros perfis, ferramentas de análise de consenso atuando sobre histórico de contextos podem prover *insights* e apontar novos desafios.

4.2.3 Government - Governos

A se considerar o papel deste ator, e seus entes públicos associados, nas esferas municipais, estaduais e federal este *hub* de interações pode prover serviços de interesse público e de suporte a estratégias governamentais. A Figura 16 apresenta serviços de potencial interesse aos governos.

Figura 16 – Caso de uso: governo



Fonte: elaborado pelo autor.

Os serviços que podem ser disponibilizados a este ator são:

- ***Fleet Tracking***: localização e percurso (planejado e real) é uma demanda recorrente na gestão de frotas veiculares. Este serviço visa atender a esta necessidade com a utilização de dados obtidos das interações de veículos com RSU (*road-side units*), entre veículos (VANET) e geo-referenciados. Naturalmente este ator terá acesso restrito a frotas que estão sob sua jurisdição.
- ***Fleet Coverage & Performance***: a qualidade dos serviços de transporte jurisdicionados a um ente público é um tema de relevância estratégica. Este serviço visa atender a esta lacuna ao prover dados e informações para aferição de cláusulas contratuais e acompanhamento de KPI's.
- ***Social Strategies Support***: este *hub* de interações irá prover dados quantitativos para suporte de estratégias sociais. Compreender os fluxos de deslocamento, suas características e sazonalidades, permitirá acompanhar KPI's de programas como "Estratégia Saúde da Família", "Polícia Comunitária" e "UPA 24H", entre outros.
- ***Public Health & Safety Strategies Support***: dados qualificados sobre as interações de pessoas e veículos podem suportar estratégias de saúde pública e segurança. O conhecimento sobre os fluxos e padrões de deslocamento pode apoiar planos para situações de emergência e conflito, bem como orientar ações de conscientização em programas de

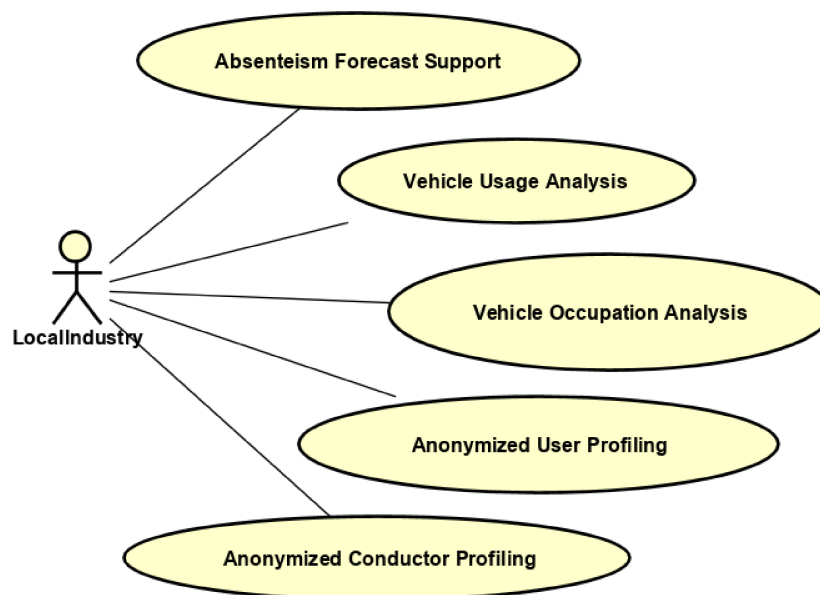
saúde, ou até, suportar a escolha de locais para implementação de unidades básicas de saúde (UBS) e unidades de pronto atendimento (UPA).

- **ITS Planning & Improvements Support:** sistemas de transporte inteligentes (ITS) estão em constante evolução. Entende-se que este *hub* poderá apoiar tanto na implementação de um ITS quanto em seu contínuo aprimoramento. Dados qualificados de interações aliados a perfis, histórico de contextos e predição de contextos podem sugerir novas rotas, sinalizações inteligentes e probabilidade de adesão a novos modais e opções de deslocamento. Uma das possibilidades consiste na análise de efeitos causados por grandes eventos e, portanto, a implementação de contra medidas temporárias para minimizar distúrbios no trânsito.

4.2.4 Local Industry - Indústrias

Considerado um dos motores da economia, as indústrias, são organizações cujo principal papel é transformar matérias primas em produtos e, para tanto, necessitam de pessoas. Este *hub* de interações pode oferecer serviços de apoio estratégico a este ator. A Figura 17 apresenta serviços que podem ser disponibilizados pela plataforma.

Figura 17 – Caso de uso: Indústrias



Fonte: elaborado pelo autor.

Os serviços que podem ser disponibilizados a este ator são:

- **Absenteism Forecast Support:** um dos desafios da gestão da eficiência fabril está na dificuldade de antecipar a ausência e atrasos de funcionários nas jornadas de trabalho. O modelo Surya pode oferecer um serviço para mitigar esta dor. Uma solução que faça uso

do histórico de interações dos funcionários com veículos, aliado a análise de contextos futuros poderá antecipar faltas e atrasos. E, com isso, permitir que ações de replanejamento sejam executadas para minimizar o impacto sobre a eficiência fabril.

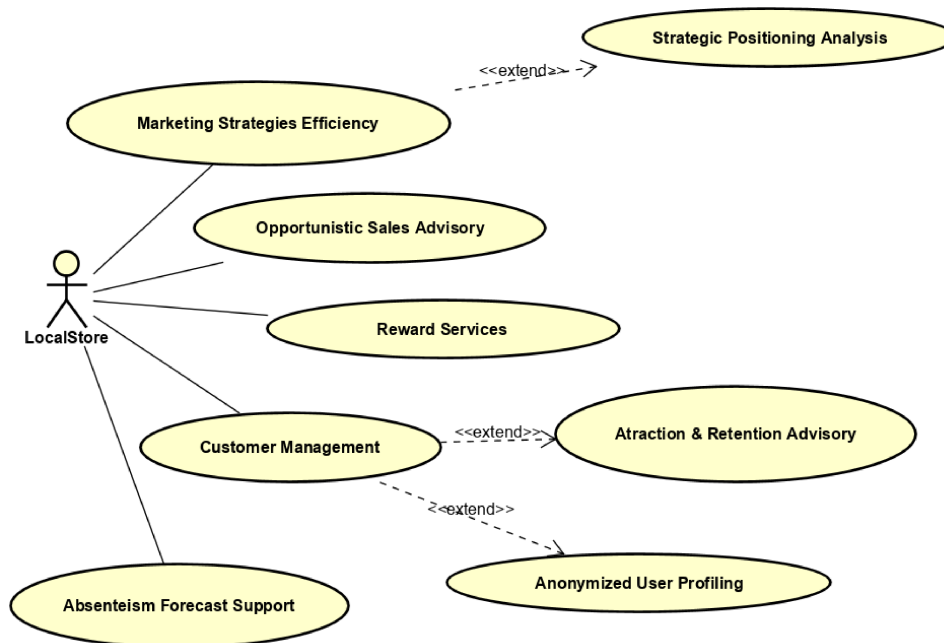
- **Vehicle Usage Analysis:** empresas envolvidas no ciclo de vida de peças e componentes de veículos pode fazer uso de análises de utilização de veículos para compreender as condições de uso de seus itens. Além disso, para empresas que atuam no segmento de fabricação e montagem de meios de transportes, este serviço pode apontar oportunidades de melhorias tecnológicas e ergonômicas para os ocupantes de seus veículos.
- **Vehicle Occupation Analysis:** o serviço de análise de ocupação veicular procura compreender com mais profundidade comportamentos de comunidades temporárias no interior de um espaço inteligente móvel a partir de dados coletados dos sensores do veículo. A título de exemplo, um serviço de análise de ocupação veicular irá, em uma rota intermunicipal de ônibus, compreender a preferência por um assentos em janela, corredor, frente ou fundos do veículo por faixa etária. O domínio destes comportamentos podem contribuir com a racionalização no uso de matérias primas na indústria, por exemplo.
- **Anonymized User Profiling:** o serviço de perfil anonimizado de usuários poderá prover as organizações dados a respeito de características comuns de usuários de determinadas rotas, que por exemplo passem pela frente de sua empresa. Estes dados podem suportar ações de recrutamento e seleção ou direcionar investimentos e propaganda e marketing.
- **Anonymized Conductor Profiling:** para algumas organizações conhecer o perfil, anonimizado, dos condutores que realizam determinadas rotas pode ser interessante para direcionar informações a este público. Além disso, ao conhecer o perfil de um determinado grupo de condutores cria-se oportunidades para inovações tecnológicas, ergonômicas e estéticas direcionadas.

4.2.5 Local Store - Comércio Local

A neurociência aplicada a construção de estratégias comerciais para varejo está em expansão (CHEREDNIAKOVA; LOBODENKO; LYCHAGINA, 2021; GLOVA; MUDRYK, 2020; SANTOS, 2017; FUGATE, 2007) assim, entende-se que o modelo Surya poderá também contribuir com o comércio local ao oferecer serviços baseados nas interações de pessoas com veículos, seus perfis e histórico de contextos. Este serviços poderão potencializar estratégias comerciais de aproximação e retenção de clientes, bem como, aprofundar as relações com funcionários. Os serviços que podem ser disponibilizados pelo *hub* de interações são apresentados na Figura 18.

Dentre os serviços de potencial interesse para as organizações comerciais, destacam-se:

Figura 18 – Caso de uso: comércio Local



Fonte: elaborado pelo autor.

- **Marketing Strategies Efficiency:** a eficiência de estratégias de marketing é tema de recorrentes discussões, este *hub* pode aportar dados que permitam medir o efeito de estratégias de propaganda e marketing sobre perfis. A observação de alterações consistentes dos perfis quando comparados as perfis histórico pode apontar quais estratégias, e em que segmentos, estão tendo melhor eficácia.
- **Strategic Positioning Analysis:** outro serviço a ser oferecido está associado a análise de posicionamento estratégico, com frequência organizações do varejo acreditam ter um determinado posicionamento estratégico mas endereçam suas ações de forma antagônica. Entende-se que a análise cruzando as interações de pessoas com veículos, ações comerciais com veículos e alterações de perfis possam preencher esta lacuna e apontar o alinhamento de ações com o posicionamento estratégico da organização.
- **Opportunistic Sales Advisory:** um serviço de apoio a vendas oportunistas irá apoiar o comercio local com novas estratégias de promoção e propaganda ou até explorar novos canais. A partir de fluxos de deslocamento e análise de perfis e contextos um serviço inteligente poderá apontar a localização mais adequado para a instalação de *vending machines* ou a distribuição de *cashback coupons*.
- **Reward Services:** este será um dos principais mecanismos do modelo. A coleta de dados necessários para a potencialização de serviços serão custeados pelos mecanismos de recompensa. *Data Marketplaces* poderão interagir com os mecanismos deste modelo para intercambio de dados, anonimizados, e ofertas de serviços.

- **Customer Management:** gerenciamento do relacionamento com os clientes pode ser potencializado com o uso deste *hub*. Estimar a receptividade à estratégias comerciais para um novo perfil a partir da análise de aderência a perfis anonimizados similares / similaridade de contextos e oferecer recompensas baseadas no histórico de interações com a frota são alguns dos serviços entregues pela plataforma.
- **Attraction & Retention Advisory:** a atração e retenção de clientes é uma das constantes preocupação deste ator. O modelo Surya pode apoiá-lo com a oferta de um serviço inteligente que aponte os perfis com maior potencial de compatibilidade com os produtos e serviços oferecidos pelo ator. Além disso o domínio das rotas utilizadas por estes perfis poderá contribuir com as estratégias de posicionamento estratégico e atração de *leads*.
- **Anonymized User Profiling:** o serviço de perfil anonimizado de usuários poderá prover as organizações dados a respeito de características comuns de usuários de determinadas rotas, que por exemplo passem pela frente de sua empresa. Estes dados podem suportar ações de recrutamento e seleção ou direcionar investimentos e propaganda e marketing.
- **Absenteeism Forecast Support:** um dos desafios da gestão da eficiência fabril está na dificuldade de antecipar a ausência e atrasos de funcionários nas jornadas de trabalho. O modelo Surya pode oferecer um serviço para mitigar esta dor. Uma solução que faça uso do histórico de interações dos funcionários com veículos, aliado a análise de contextos futuros poderá antecipar faltas e atrasos. E, com isso, permitir que ações de replanejamento sejam executadas para minimizar o impacto sobre a eficiência fabril.

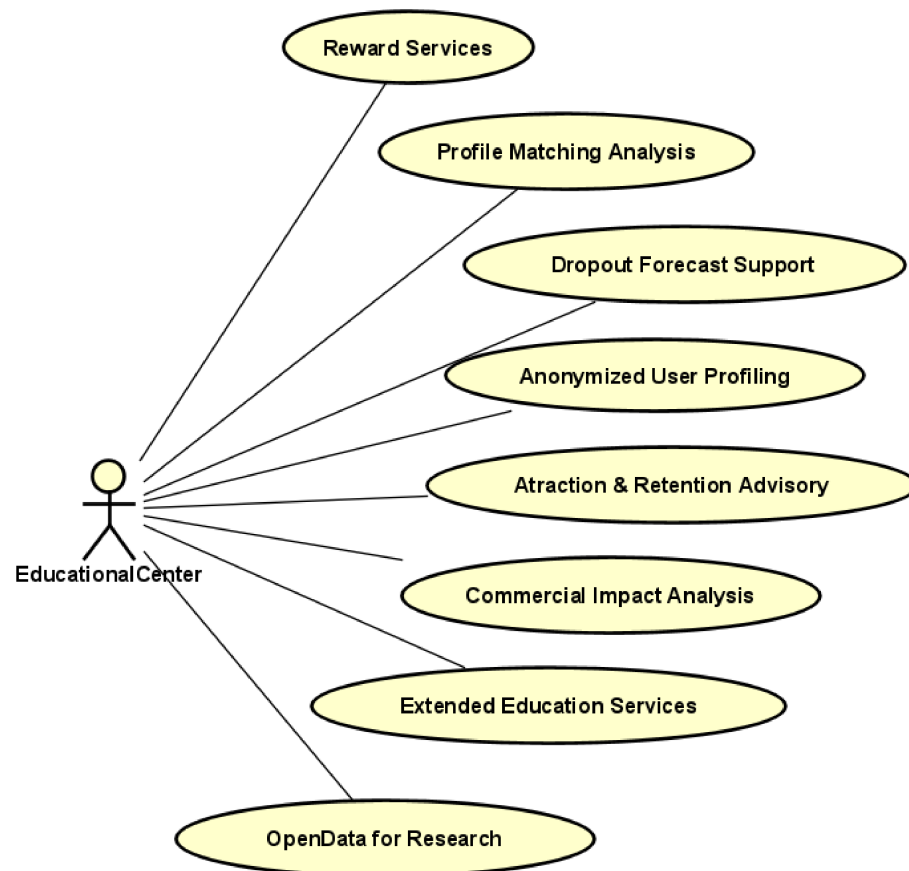
4.2.6 Educational Center - Centros de Ensino

Os centros de ensino são um ator com características especiais, atuam primariamente no campo da prestação de serviços educacionais e pesquisa. Este modelo pode contribuir com serviços inteligentes para suporte de suas estratégias de ensino-aprendizagem. Na Figura 19 observa-se serviços a serem oferecidos para centros de ensino.

Os serviços destinados aos centros de ensino são:

- **Reward Services:** A coleta de dados necessários para a potencialização de serviços serão custeados pelos mecanismos de recompensa. *Data Marketplaces* poderão interagir com os mecanismos deste modelo para intercambio de dados, anonimizados, e ofertas de serviços. Este mecanismo poderá ser utilizado pelos centros de ensino em abordagens de ensino que envolvam *gamification* em ambientes de ensino otimizados para uso em veículos, por exemplo.
- **Profile Matching Analysis:** a principal contribuição deste serviço está em compreender os diferentes perfis de ocupantes de um espaço inteligente e, para este ator, apontar educadores com perfis compatíveis com o perfil da comunidade temporária criada neste espaço.

Figura 19 – Caso de uso: centros de ensino



Fonte: elaborado pelo autor.

- ***New Opportunities Advisory***: serviços de mineração de dados poderão apoiar este ator na exploração de novas oportunidades. Entende-se que isso será possível pelo cruzamento de perfis de clientes da organização com dados anonimizados de outros perfis, ferramentas de análise de consenso atuando sobre histórico de contextos podem prover *insights* e apontar novos desafios.
- ***Dropout Forecast Support***: a dificuldade de antecipar sinais de abandono, ausência e atrasos de alunos no cumprimento de suas obrigações segue como um desafios nos centros de ensino. O modelo Surya pode oferecer uma solução que faça uso do histórico de interações dos alunos com veículos ou espaços inteligentes, aliado a análise de contextos futuros poderá antecipar faltas e atrasos e apontar comportamentos que promovam o abandono. E, com isso, permitir que ações de replanejamento sejam executadas para minimizar o impacto sobre o processo de ensino e aprendizagem e a oportunizar a retenção de alunos.
- ***Anonymized User Profiling***: o serviço de perfil anonimizado de usuário poderá prover a este ator dados a respeito de características comuns de usuários de determinadas rotas, que

por exemplo passem nas proximidades deste centro de educação. Estes dados podem suportar ações de aproximação com a comunidade ou direcionar investimentos e propaganda e marketing.

- ***Attraction & Retention Advisory***: a atração e retenção de estudantes-clientes é uma das constantes preocupação deste ator. O modelo Surya pode apoiá-lo com a oferta de um serviço inteligente que aponte os perfis com maior potencial de compatibilidade com os serviços oferecidos pelo ator. Além disso o domínio das rotas utilizadas por estes perfis poderá contribuir com as estratégias de posicionamento estratégico e atração de *leads*.
- ***Commercial Impact Analysis***: estratégias comerciais carecem de instrumentos que meçam a sua efetividade. O *hub* de interações pode propiciar análises que permitam compreender com mais eficácia a efetividade de estratégias comerciais a partir do acompanhamento de variações nos histórico de contextos e nível de erro da predição de contextos.
- ***Extended Education Support***: este modelo irá suportar o conceito de educação ubíqua (ANDRADE; RIGO; BARBOSA, 2021; BARBOSA et al., 2008) ao levar os mecanismos de construção de conhecimento para dentro de um veículo. Sensores poderão apoiar as análises de efetividade destes mecanismos ao passo que o ambiente de aprendizagem recebe constantes *feedbacks* para garantir maior aderência ao perfil do usuário. Este serviço irá fornecer as ferramentas de promoção e acompanhamento das interações do usuário com serviços educacionais.
- ***OpenData for Research***: para promover a pesquisa científica os dados anonimizados coletados e produzidos pelo modelo Surya serão disponibilizados para os centros de ensino por meio deste serviço. Estas pesquisas, por sua vez, irão criar novos serviços e expandir os horizontes deste modelo.

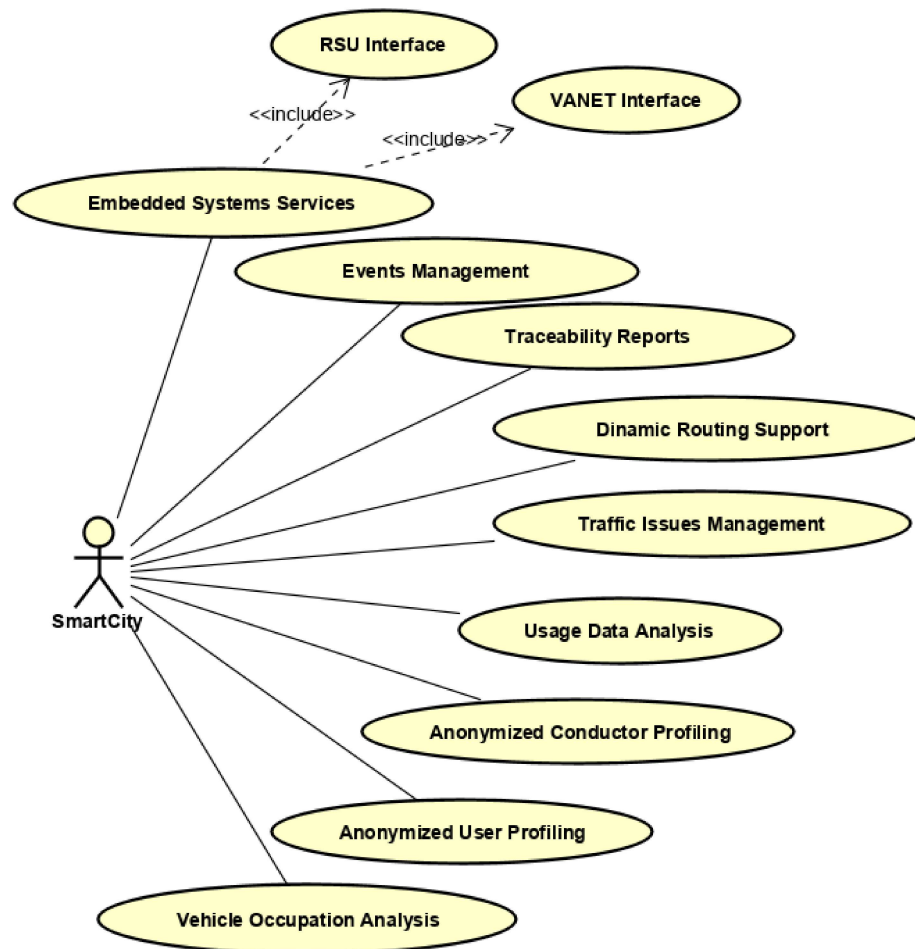
4.2.7 *Smart City* - Cidades Inteligentes e Sustentáveis

Muito embora a concretização do conceito de Cidades Inteligentes e Sustentáveis esteja em elaboração, sabe-se que elas contarão com aparatos tecnológicos para a promoção de bem estar, em forma de serviços, para seus moradores (YANG; KWON; KIM, 2021; KIRIMTAT et al., 2020; FISTOLA; RAIMONDO; ROCCA, 2017; DAVID et al., 2013), estes serviços naturalmente permeiam diversos outros campos além de deslocamento, segurança e saúde. Entende-se que é neste ambiente que *hub* de interações terá maiores contribuições e alcance. A figura 20 apresenta serviços desenhados para esse ator.

Os serviços promovidos por cidades inteligentes serão diversos, alguns destes serviços poderão ser apoiados por serviços oferecidos pelo modelo Surya, dentre eles destacam-se:

- ***Embedded Systems Services***: este serviço trata da conexão de veículos inteligentes a RSU (equipamentos urbanos) e VANET (outros veículos) para a troca de dados e conectividade.

Figura 20 – Caso de uso: cidades inteligentes



Fonte: elaborado pelo autor.

Os dados coletados no interior de um veículo utilizarão estes canais para chegarem aos concentradores de dados e servidores do modelo. Para este ator, esta é uma porta de acesso a dados em tempo real aos veículos e rotas em uso.

- **Events Management:** a gestão de eventos é um mecanismo que visa promover, tanto aos ocupantes dos veículos quanto aos condutores, dados relevantes sobre as rotas e entornos. Este serviço irá permitir a veiculação de mensagens e alertas relevantes para este público.
- **Traceability Reports:** naturalmente a coleta de dados sobre a utilização de rotas e perfis presentes poderá produzir relatórios de uso e rastreabilidade. Este serviço poderá compartilhar estes dados para o ator para suportar aprimoramentos em seus serviços.
- **Dynamic Routing Support:** análises de utilização de rotas, e perfis nas rotas, irá colaborar com dados qualificados os serviços de roteamento dinâmicos existentes em cidades inteligentes. O ator contará com dados qualificados que lhe permitirão antecipar os impactos em alterações de rotas para mitigar riscos e minimizar impactos no trânsito.

- **Traffic Issues Management:** este serviço de apoio pretende estender os serviços de trânsito oferecidos em cidades inteligentes. O acompanhamento das rotas e seus perfis pode antecipar contingenciamento de fluxo e informar pró-ativamente estes dados ao ator.
- **Usage Data Analysis:** serviço destinado a identificar o padrão de uso de rotas e veículos. Este serviço irá apoiar este ator na promoção de serviços.
- **Anonymized Conductor Profiling:** conhecer o perfil, anonimizado, dos condutores que realizam determinadas rotas pode ser interessante para direcionar informações a este público. Além disso, ao conhecer o perfil de um determinado grupo de condutores cria-se oportunidades para inovações em produtos e serviços gerenciados pelas mecanismos das cidades inteligentes.
- **Anonymized User Profiling:** o serviço de perfil anonimizado de usuário poderá prover dados a respeito de características comuns de usuários de determinadas rotas, que por exemplo passem nas proximidades do local onde está acontecendo um evento. Estes dados podem aprimorar a oferta de rotas dinâmicas ou identificar públicos de interesse para envio de informação qualificada.
- **Vehicle Occupation Analysis:** o serviço de análise de ocupação veicular procura compreender com mais profundidade comportamentos de comunidades temporárias no interior de um espaço inteligente móvel, sua granularidade – a depender da disponibilidade de sensores – pode oferecer serviços como por exemplo: estimar a probabilidade de uma jovem na casa do 20 anos, ao entrar em um ônibus com 80% de suas poltronas ocupadas, escolha dividir uma poltrona com um senhor de meia idade. Ao se considerar as demandas deste ator, este serviço pode apoiar em estratégias de otimização de transportes públicos, por exemplo.

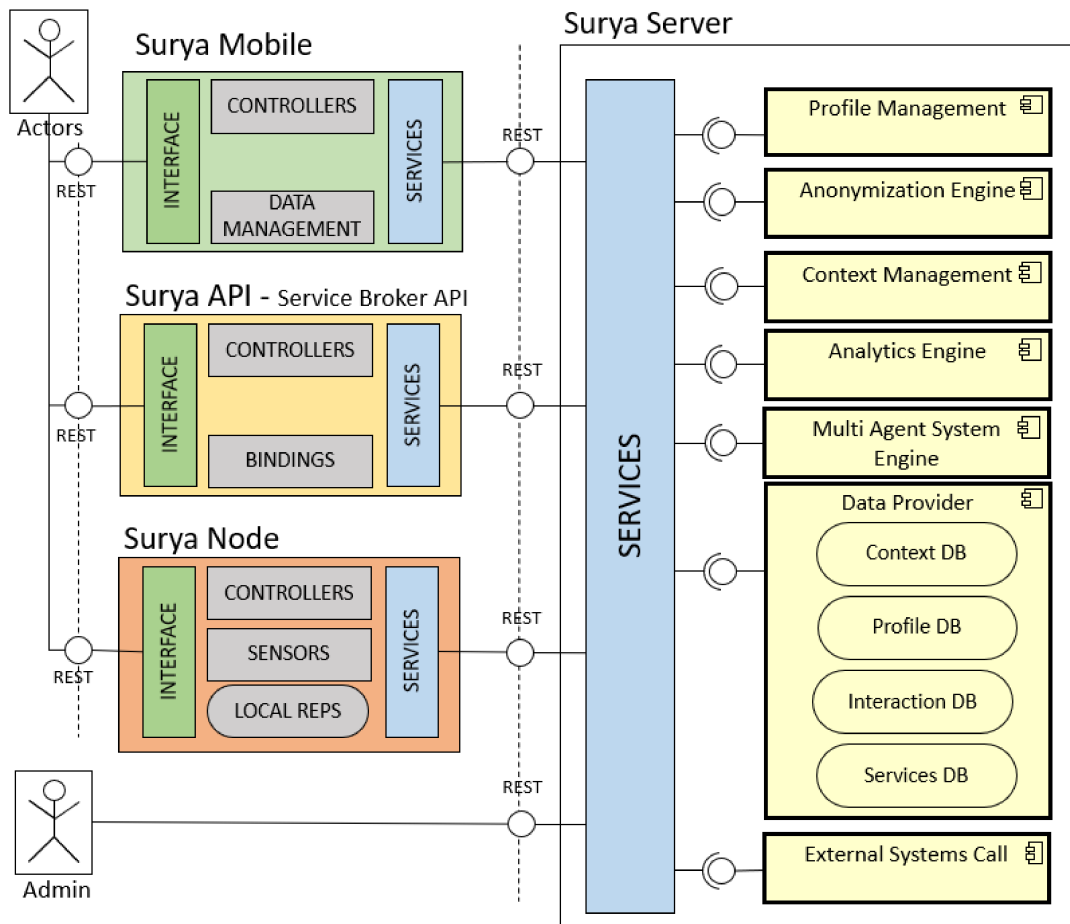
A evolução do modelo poderá apontar novos atores, bem como o *roll* de serviços se expandirá a medida que o modelo for ganhando robustez. A abordagem adotada elencou os atores e serviços representativos para caracterizar e tangibilizar o modelo.

4.3 Arquitetura do Surya

A arquitetura do modelo foi projetada com a linguagem unificada de modelagem (UML - *Unified Modeling Language*) (GUEDES, 2018) e extensões apresentadas pela padronização para modelagem técnica de arquitetura (TAM - *standard for Technical Architecture Modeling*) proposto por SAP (2007). A Figura 21 apresenta a arquitetura geral do modelo Surya com quatro blocos e canais de comunicação.

Na arquitetura observa-se as conexões entre os blocos (Surya Mobile, Surya API, Surya Node e Surya Server) e os atores, bem como as interligações entre estes blocos. Em cada bloco

Figura 21 – Arquitetura geral do modelo Surya



Fonte: elaborado pelo autor.

uma visão de alto nível dos componentes o integram. A seguir apresenta-se os blocos e o detalhamento de seus módulos:

- **Surya Mobile:** trata-se de um aplicativo para dispositivos móveis que atua tanto na coleta de dados quanto na oferta de serviços – assistente pessoal. A coleta de dados se dá por meio dos sensores disponíveis no dispositivo (acelerômetro, giroscópio, GPS, pedômetro, higrômetro, entre outros) para a contribuir com a identificação do contexto do usuário. A oferta de serviços se dá por interação com o aplicativo, mensagens ou voz. Este aplicativo tem interfaces (telas) customizadas para o usuário e fará a gestão local de dados temporários.
- **Surya API:** é o módulo de serviços de interfaces de programação de aplicativos (*service broker API*), ou seja, é o principal elemento de conexão para compartilhamento de serviços com os atores institucionais. Hospedado em servidores na nuvem para garantir alta disponibilidade e escalabilidade. Seus componentes contemplam interfaces, controladores, rotinas de ligação e serviços de conexão.

- **Surya Node:** é um dispositivo físico criado para captura de dados e estender as funcionalidades de infraestruturas de sinalização viária (RSU - *Roadside Unit*) e dispositivos de comunicação disponíveis em veículos (OBU - *On-Board Unit*). RSU e OBU são dispositivos de suporte a redes dinâmicas autônomas veiculares sem fio (VANET - *Vehicular Adhoc Network*). A atuação do *Surya Node* em conjunto com RSU e OBU visa enriquecer a composição de contextos com dados provenientes de sensores adicionais definidos sob demanda.
- **Surya Server:** trata-se do *core* do modelo, o servidor Surya será hospedado em uma plataforma de computação em nuvem para garantir alta disponibilidade e escalabilidade. Seus principais componentes se destinam a armazenar os dados, realizar a gestão de contextos e perfis, mecanismos de suporte a aprendizado de máquina e mineração de dados, anonimização de dados e chamadas de serviços externos. Os componentes do *Surya Server* são:
 - *Profile Management:* destinado a administrar a coleta, tratamento e recuperação de perfis. O detalhamento de como se dá a gestão de perfil no modelo Surya é apresentado na subseção 4.3.1;
 - *Anonymization Engine:* mecanismo responsável pelo tratamento de dados anonimizados (impessoalizados), oferece serviço aos demais módulos sempre que a oferta exigir;
 - *Context Management:* administrador de contextos, é nele que as lógicas de coleta, tratamento, e composição de histórico de contextos estão implementadas. O detalhamento de como se dá a gestão de contextos no modelo Surya é apresentado na subseção 4.3.1;
 - *Analytics Engine:* mecanismo responsável pelas análises de dados com suporte ao uso de aprendizado de máquina e mineração de dados;
 - *Multi Agent System Engine:* mecanismo responsável pela gestão e execução do sistema multiagente disponível no modelo.
 - *Data Provider:* componente responsável pela administração dos bancos de dados do servidor e mecanismos de gestão da ontologia SuryaOnto, apresentada na seção 4.4. O *Data provider* atua como suporte aos demais componentes ao servir-lhes com os dados necessários;
 - *External Systems Call:* atua como interface para outros sistemas externos, comumente provedores de serviços e outras plataformas;

Cabe observar a preocupação com a segurança dos dados neste modelo, em sendo assim, todas as interfaces com o *Surya Server* se darão por meio de RESTful³ *webservices* com uso de

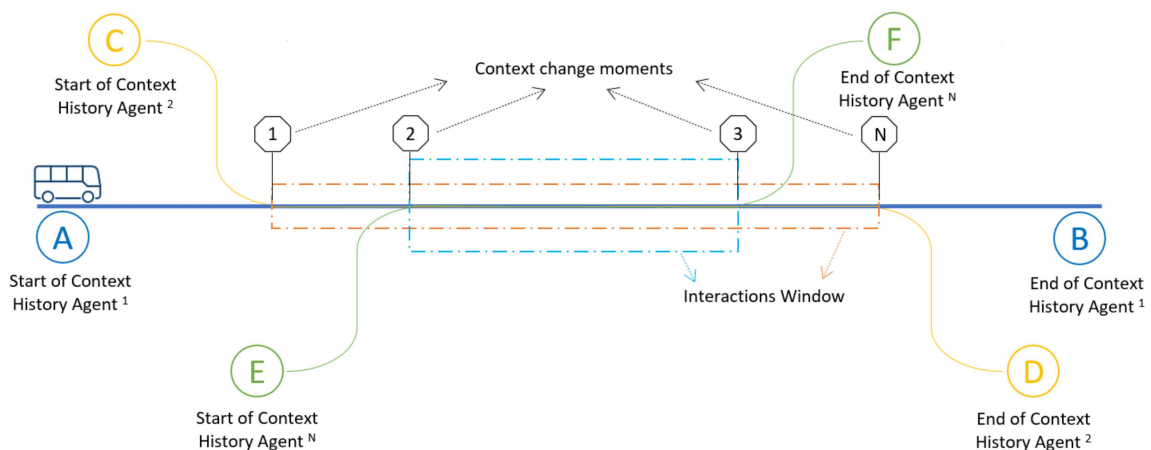
³ RESTful, *Representational State Transfer*, em inglês, é um estilo de arquitetura de baixo acoplamento e faz uso do protocolo HTTP.

protocolos de criptografadas (SSL).

4.3.1 Perfis, contextos e histórico de contextos

A identificação das interações entre os agentes de um ecossistema de mobilidade urbana é o ponto central do modelo Surya. A Figura 22 sintetiza os diversos momentos em que existem interações, explicita como são consideradas no modelo e utilizadas com a ontologia SuryaOnto (seção 4.4).

Figura 22 – Interações e janelas de interação



Fonte: elaborado pelo autor.

A visão conceitual apresentada na Figura 22 contempla três agentes, identificados por cores, e seus trajetos. O agente 'azul' é um ônibus que percorre a sua rota A - B, o agente 'laranja' e o agente 'verde' são pessoas que, por necessidades diárias, devem percorrer rotas específicas (identificadas na imagem com as mesmas cores dos agentes).

Por conta de seus trajetos, existem interações entre estes agentes, para o Surya uma interação se dá quando agentes estão fisicamente próximos ou digitalmente conectados, por conta disso, a natureza dessas interações é fugaz.

Um segundo conceito importante no Surya são as janelas de interação, associadas ao espaço temporal em que as interações ocorrem. As janelas se modificam com o tempo pois estão associadas aos agentes presentes na interação. Na Figura 22 observa-se as janelas de interação (retângulos tracejados) e seu comportamento dinâmico ao longo do tempo. Os pontos 1, 2, 3 e N são momentos importantes que determinam o início ou fim de uma janela de interações. Estes momentos motivam uma mudança no contexto dos agentes e, por conseguinte, produzem uma nova entrada no histórico de contextos destes agentes.

Ao passo que agentes atuam em um ecossistema de mobilidade, dados são produzidos e catalogados pelo Surya. A Figura 23 apresenta um exemplo de perfil (todos os agentes deste sistema tem um perfil) e um exemplo de um histórico de contextos. O perfil é sintético, criado

para ilustrar exemplos e possibilidades, enquanto o contexto e o histórico de contextos, foram produzidos ao longo dos ciclos de simulação (detalhados na seção 5.2.1). Arquivos no formato JSON com exemplos de perfil, contexto e histórico de contextos são listados no Apêndice.

Figura 23 – Exemplos: perfis e histórico de contextos

Exemplo de Perfil

```
{
  "profile": {
    "name": "Hannah Thompson",
    "mother": "Caroline Thompson",
    "birth": "1978-04-05",
    "marital status": "engaged",
    "city": "New York",
    "height": "165",
    "weight": "50",
    "eyes": "blue",
    "hair": "brown",
    "Education": "Master's degree
                  in contemporary arts",
    "Workplace": "Pinacoteca Nazionale di
                  Bologna",
    "hobby": [
      { "name": "travel" },
      { "name": "apnea dive" },
      { "name": "paint" }
    ]
  }
}
```

Exemplo de histórico de contextos

```
{
  "contextHistory": {
    "profile": {
      "context": [
        {
          "timestamp": "202012051900010025",
          "timestamp": "202012051905050035",
          "activity": "waiting",
          "reference": "busStop 1019",
          "destination": "work",
          "nextstop": "busStop 1105",
          "duration": "180",
          "vehicle": "",
          "neighbours": [
            { "nid": "vp.5648" },
            { "nid": "vp.15306" },
            { "nid": "vp.15463" },
            { "nid": "vp.32210" },
            { "nid": "vp.32192" },
            { "nid": "vp.15242" },
            { "nid": "vp.5643" }
          ]
        },
        { "timestamp": "202012051907030032",
          "timestamp": "202012051907030032",
          "timestamp": "202012051910050031",
          "timestamp": "202012051911050043",
          "timestamp": "202012051919250023",
          "timestamp": "202012051920000005",
          "timestamp": "202012051930250015",
          "timestamp": "202012051935320011",
          "timestamp": "202012051936400041",
          "timestamp": "202012051937350041",
          "timestamp": "202012051939450041",
          "timestamp": "202012051943420225",
          "timestamp": "202012051945230145",
          "timestamp": "202012051953591225",
          "timestamp": "202012051955230046",
          "timestamp": "202012051955230046"
        }
      ]
    }
  }
}
```

Fonte: elaborado pelo autor.

4.4 Ontologia SuryaOnto

A representação formal, compartilhável, claramente determinada e conceituada de domínios de conhecimentos é conhecida como ontologia (HORRIDGE, 2011; GUARINO, 1998; GRUBER, 1993) e um de seus principais papéis é oferecer um vocabulário, com termos e relações, para um domínio de conhecimento (HORRIDGE, 2011). Entretanto, Noy e McGuinness (2001) alertam que não existe uma maneira única de se modelar um domínio, ressaltando que este é um processo iterativo cuja missão é representar com fidelidade os objetos e as relações do domínio.

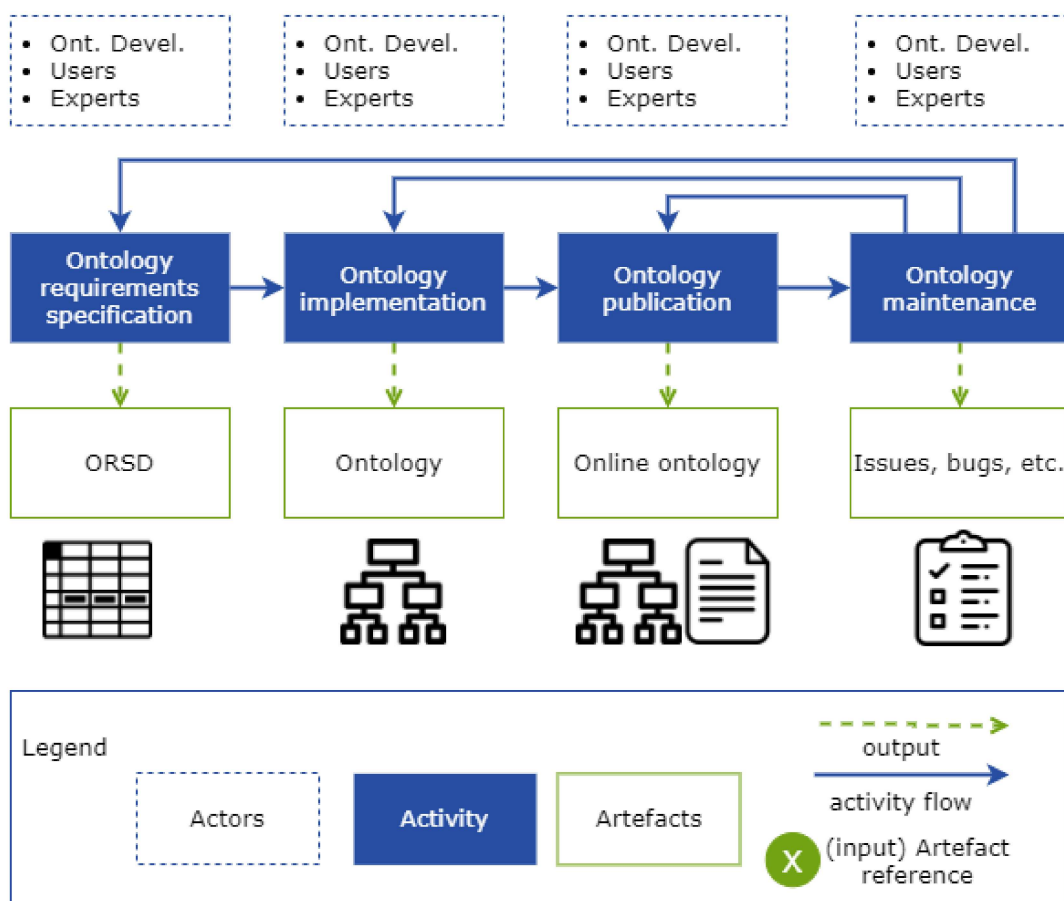
As ontologias são empregadas em soluções computacionais, em especial, para qualificar e trazer significado a dados; isso permite que mecanismos inteligentes, como *bots*, possam “compreender” estes dados e promover serviços na chamada *Semantic Web* (SHADBOLT; BERNERS-LEE; HALL, 2006).

4.4.1 Metodologia Linked Open Terms

A ontologia SuryaOnto foi concebida para representar o domínio de conhecimento dos serviços para ecossistemas de mobilidade. Em sua construção empregou-se a metodologia *Linked Open Terms* (LOT) inicialmente apresentada por Poveda-Villalón (2012).

A metodologia LOT é voltada para apoiar o desenvolvimento de ontologias ao longo de todo o seu ciclo de vida, sua versão atual foi ampliada por Poveda-Villalón, Fernández-Izquierdo e García-Castro (2019) e incorpora elementos comuns a metodologias ágeis. Os autores mantêm um repositório *online* de projetos que fazem uso desta metodologia, neste repositório⁴ observam-se projetos públicos e privados, predominantemente europeus, com diferentes composição de equipes. A Figura 24 apresenta a organização desta metodologia ressaltando seus atores, atividades, artefatos e relações.

Figura 24 – *Linked Open Terms methodology*



Fonte: Poveda-Villalón, Fernández-Izquierdo e García-Castro (2019)

Os principais grupos de atividades da metodologia LOT são:

- **Especificação de requisitos**, grupo com atividades de identificação dos casos de uso, propósito e escopo e requisitos funcionais da ontologia;

⁴ <https://lot.linkeddata.es/data/LOTprojects.xlsx>

- **Implementação**, este grupo compreende as atividades de conceitualização, reuso, codificação, e avaliação da ontologia;
- **Publicação**, atividades de documentação e publicação da ontologia estão compreendidas neste grupo;
- **Manutenção**, identificação de falhas e novas necessidades são as atividades deste grupo. Estas atividades podem gerar novas demandas para os grupos anteriores e assim manter a ontologia em contínua evolução.

4.4.2 SuryaOnto: Desenvolvimento

As etapas da metodologia LOT aplicadas na construção da Ontologia SuryaOnto foram:

- **Especificação de requisitos**

O desenvolvimento da SuryaOnto iniciou com a compreensão do domínio de serviços em ecossistemas de mobilidade e a identificação e conceituação dos atores deste ecossistema (seção 4.2). SuryaOnto tem como escopo ser a representação formal do domínio de ecossistemas de mobilidade, seu propósito é suportar as relações deste domínio com outros domínios do conhecimento. Com o escopo e propósito da ontologia estabelecidos se realizou o levantamento dos requisitos da ontologia.

- **Implementação**

SuryaOnto foi desenvolvida com o apoio do *framework* para criação de sistemas inteligentes Protégé⁵. Em sua construção procurou-se realizar o reuso de classes (integrar ou expandir classes existentes em outros domínios ao invés de oferecer novas classes para os mesmos usos - recomendações de Noy e McGuinness (2001), Poveda-Villalón, Fernández-Izquierdo e García-Castro (2019), entre outros.

A análise da ontologia *Markup for Autos*⁶, apresentada e mantida pelo *Automotive Ontology Group* permitiu identificar a possibilidade de se reutilizar as classes *Vehicle*, *Event* e *Place*.

A classe *Person* é oriunda da ontologia FOAF⁷, é uma classe bem conhecida e amplamente utilizada em ambientes computacionais (MANDAL; ROY, 2018).

A Figura 25 sintetiza o resultado alcançado com as atividades de conceituação, reuso e codificação da ontologia.

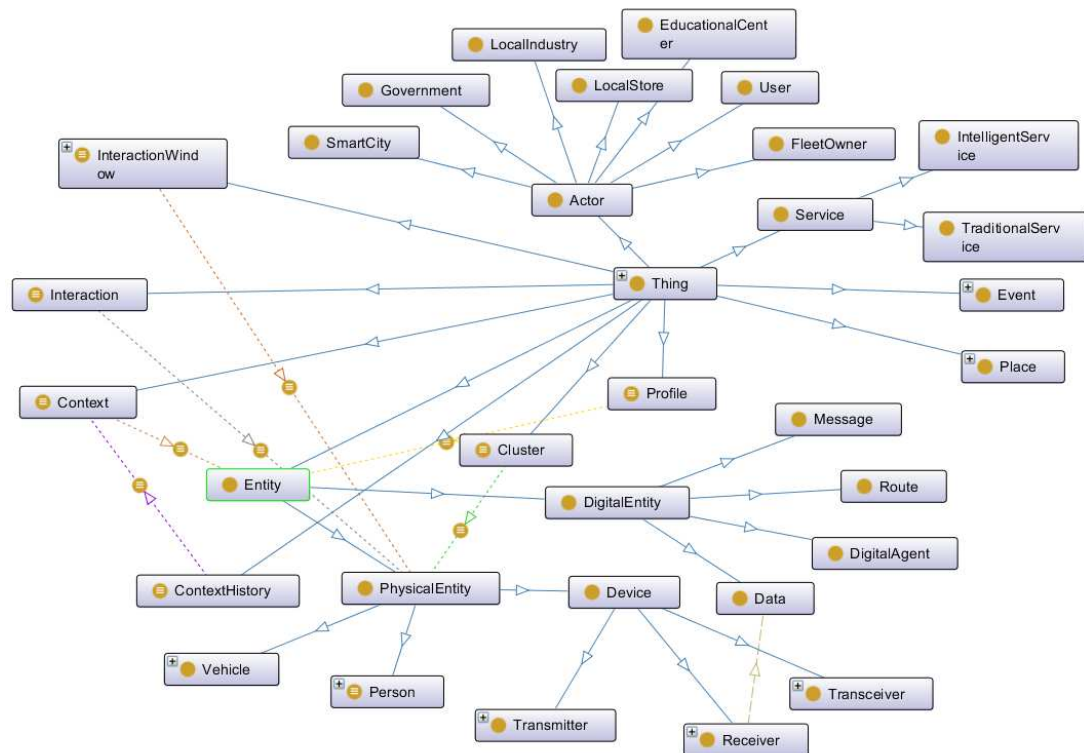
SuryaOnto é composta de dez classes e 22 subclasses, apresentadas a seguir:

⁵ <https://protege.stanford.edu/>

⁶ <http://auto.schema.org/> – documentação disponível em: <https://schema.org/docs/automotive.html>

⁷ FOAF, acrônimo de *Friend of a Friend* iniciada em 2000 para descrever pessoas, suas atividades e relações. Sua especificação se encontra em: http://xmlns.com/foaf/spec/#term_Person

Figura 25 – SuryaOnto: ontologia para serviços em ecossistemas de mobilidade



Fonte: elaborado pelo autor.

- **Actor**: esta classe compreende as partes interessadas (*stakeholders*) de um sistema de mobilidade, agrupadas segundo o seu papel no ecossistema, foram identificadas sete subclasses, a seguir relacionadas:
 - a. *SmartCity*: as características únicas de uma cidade inteligente definem este ator no ecossistema de mobilidade - concebido para atender as necessidades de seus habitantes;
 - b. *Government*: entes públicos nas esferas municipais, estaduais e federal;
 - c. *LocalIndustry*: papel associado a organizações industriais que promovem a transformação de matérias-primas em bens de consumo;
 - d. *LocalStore*: subclasse associada aos atores que representam o comércio local;
 - e. *EducationalCenter*: atores da prestação de serviços educacionais, com foco em ensino e pesquisa;
 - f. *User*: são os usuários de um ecossistema de mobilidade, fornecendo dados ao ecossistema e fazendo uso de serviços oferecidos a ele;
 - g. *FleetOwner*: frotista, ou dono da frota, é o ator representa a organização responsável pela prestação de serviços de locomoção de pessoas e transporte de bens por terra, ar ou mar;
- **Service**: os serviços disponíveis em um ecossistemas de mobilidade são variados e dependem tanto da infraestrutura disponível quando das necessidades apresentadas,

nesta organização propõe-se a segregação de serviços em termos de tecnologia aplicada.

a. *TraditionalService*: serviços disponíveis com pouca ou nenhuma tecnologia computacional embarcada, como por exemplo serviço de varrição e conserto de fiação elétrica executados por pessoas e pouco suporte tecnológico;

b. *IntelligentService*: nesta classe estão os serviços com grande suporte computacional, como por exemplo os serviços sugeridos nos casos de uso do Modelo SURYA, entre outros;

– **Event**: um evento acontece em determinado local e espaço, a exemplo de uma apresentação, uma palestra ou um jogo, classe originária da ontologia *Markup for Autos*.

– **Place**: locais são entidades que de alguma forma são fixas e ocupam um espaço físico, classe originária da ontologia *Markup for Autos*.

– **Profile**: o perfil de uma entidade partícipe de um ecossistema de mobilidade se configura como a caracterização dessa entidade, contém suas preferências, comportamentos e informações estratégicas a seu respeito.

– **Entity**: uma entidade é um elemento físico ou digital que desempenha um papel no ecossistema;

a. *PhysicalEntity*: entidades físicas são entidades materiais que ocupam espaço físico

- *Vehicle*: veículos, é uma classe originária da ontologia *Markup for Autos*, tratam-se de equipamentos específicos ou utilizados no transporte de pessoas ou mercadorias em terra, água ou ar.

- *Person*: pessoa é uma classe oriunda da ontologia FOAF que representa uma pessoa, sem tipificar se ela está viva, morta, é real ou imaginária.

- *Device*: dispositivos são equipamentos tecnológicos que fazem interface com entidades, nesta classe tem-se três subclasses: *receiver* - dispositivos de coleta de dados, *transmitter* - dispositivos para envio de dados e *transceiver* - dispositivos com características de coleta e envio de dados.

b. *DigitalEntity*: entidades digitais são entidades que apresentam apenas dimensões digitais, não são percebidas fisicamente.

- *Message*: mensagem é um conjunto de dados destinado a uma ou mais entidades;

- *Route*: rota é um conjunto de organizado e lógico de dados que representam um deslocamento (caminho a ser percorrido por uma ou mais entidades);

- *DigitalAgent*: um agente digital representa uma entidade digital com capacidade de realizar inferências (programadas ou não) a partir de dados, *bots* de

atendimento são bons exemplos de agentes digitais para um ecossistema de mobilidade;

- *Data*: dados são resultados de observações puras para suportar cálculos, inferências e discussões.

- *Cluster*: um agrupamento é uma entidade formada a partir da união, temporária ou definitiva, de entidades físicas, por exemplo, pessoas em um ônibus para realizar um deslocamento caracterizam um agrupamento. Os agrupamentos simplificam o processo de administração de contextos, uma vez que, uma parcela de dados de contexto são comuns a todas as entidades que participam do *cluster*;
- *Context*: um contexto é formado a partir de dados que caracterizam uma entidade e de dados que caracterizam o entorno de uma entidade em um ecossistema de mobilidade;
- *ContextHistory*: histórico de contextos caracteriza-se como o armazenamento de contextos aos longo do tempo;
- *Interaction*: uma interação se caracteriza como relacionamento temporário entre entidades de um ecossistema de mobilidade, um veículo ao transitar por uma avenida irá produzir diversas interações, pessoas, equipamentos viários (*devices*) ou outros veículos;
- *InteractionWindow*: uma janela de interações é o espaço temporal que determina a duração de interações.

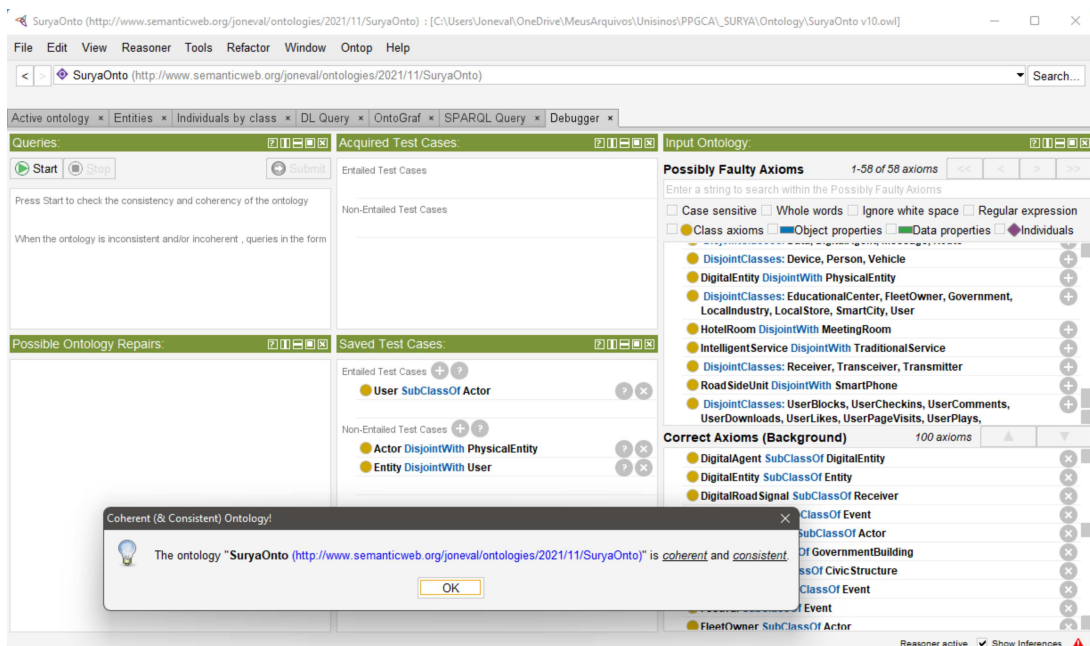
A etapa de avaliação da SuryaOnto - ontologia para serviços em ecossistemas de mobilidade, foi realizada com o apoio de dois instrumentos. Inicialmente se fez uso do *plugin* OntoDebug⁸, o qual permite descobrir de forma interativa axiomas que causam inconsistência ou incoerência na ontologia. Este é um processo interativo de perguntas e respostas que realizam, por filtragem, a identificação de axiomas inconsistentes ou incoerentes. Após correções se obteve os resultados apresentados na Figura 26, não se apresentam mais axiomas incoerentes ou inconsistentes na ontologia SuryaOnto.

Para a segunda etapa de avaliação da ontologia SuryaOnto se utilizou o *Ontology Pitfall Scanner* (OOPS!), apresentado por Poveda-Villalón, Gómez-Pérez e Suárez-Figueroa (2014). Este instrumento se propõe a detectar armadilhas (problemas) usuais na modelagem de ontologias. Com o catalogo aberto para contribuições da comunidade, atualmente podem ser identificadas até 41 diferentes categorias de inconveniências⁹ em uma ontologia. Na Figura 27 observa-se o resultado desta etapa. SuryaOnto não apresenta problemas relevantes.

⁸ <http://isbi.aau.at/ontodebug/>

⁹ <http://oops.linkeddata.es/catalogue.jsp>

Figura 26 – Consistência e coerência da SuryaOnto



Fonte: OntoDebug, *plugin* do Protégé.

Figura 27 – Armadilhas na modelagem SuryaOnto

Evaluation results

It is obvious that not all the pitfalls are equally important; their impact in the ontology will depend on multiple factors. For this reason, each pitfall has an importance level attached indicating how important it is. We have identified three levels:

- **Critical** 🚫 : It is crucial to correct the pitfall. Otherwise, it could affect the ontology consistency, reasoning, applicability, etc.
- **Important** ⚠️ : Though not critical for ontology function, it is important to correct this type of pitfall.
- **Minor** 🟡 : It is not really a problem, but by correcting it we will make the ontology nicer.

[Expand All] | [Collapse All]

Results for P04: Creating unconnected ontology elements.	11 cases Minor 🟡
Results for P07: Merging different concepts in the same class.	2 cases Minor 🟡
Results for P08: Missing annotations.	144 cases Minor 🟡

According to the highest importance level of pitfall found in your ontology the conformace badge suggested is "Minor pitfalls" (see below). You can use the following HTML code to insert the badge within your ontology documentation:



```
<p>
<a href="http://oops.linkeddata.es"></a>
</p>
```

Fonte: OOPS! - *Ontology Pitfall Scanner!*, desenvolvido por Poveda-Villalón, Gómez-Pérez e Suárez-Figueroa (2014)

• Publicação

A etapa de publicação está associada a documentação da ontologia SuryaOnto e de sua publicação para livre utilização na comunidade. A documentação em HTML foi gerada com o apoio do *software* Widoco¹⁰. A publicação da SuryaOnto está prevista para ser realizada no segundo trimestre de 2022 (após defesa desta tese).

¹⁰ Widoco: Wizard for documenting ontologies - Garijo (2017). Disponível em: <https://github.com/dgarijo/Widoco>

- **Manutenção**

Uma vez que a SuryaOnto esteja publicada se iniciará o processo de monitoramento de *issues* e *feedbacks* da ontologia. Para realizar este acompanhamento e a rastreabilidade das correções e melhorias será utilizada a funcionalidade de *Issues* do GitHub.

4.5 Considerações Finais

Este capítulo detalhou o Modelo Surya, um modelo que faz uso de histórico de contextos na oferta de serviços inteligentes para ecossistemas de mobilidade. Em um ecossistema de mobilidade existem seis agentes: Cidades Inteligentes, Indústrias, Governos, Centros de ensino e pesquisa, Comércio, Frotistas e Pessoas. Para cada agente é apresentado um caso de uso com o detalhamento de serviços inteligentes suportados pelo Modelo Surya.

Os elementos centrais da arquitetura do modelo são Surya *Mobile* - aplicativo móvel para coleta de dados e oferta de serviços, Surya API - API *service brocker* para conexão com sistemas externos, Surya *Node - hardware* para suportar a coleta de dados em conjunto com infraestruturas de sinalização viária e veículos, e Surya *Server* - trata o armazenamento de dados, gestão de contextos e perfis, mecanismos de suporte a algoritmos para oferta de serviços inteligentes.

A forma como Surya integra perfil, contexto e histórico de contextos é detalhada, ao longo, dois conceitos centrais do modelo, interação e janela de interações, são apresentados e discutidos.

Ao final do capítulo a ontologia SuryaOnto é apresentada. Esta ontologia representa o domínio dos serviços para ecossistemas de mobilidade e é composta de dez classes e 22 subclasses. Sua elaboração foi realizada com o suporte da Metodologia LOT (*Linked Open Terms*, proposta por Poveda-Villalón (2012).

5 AVALIAÇÃO E RESULTADOS

Este capítulo apresenta dois serviços inteligentes como instrumento de avaliação do modelo Surya, um serviço voltado à saúde e outro direcionado a predição de ocupação de espaços. O primeiro endereça primariamente as necessidades do ator "Usuário". O segundo serviço, muito embora no cenário apresentado esteja mais direcionado ao agente "Frotista", pode compor serviços destinados aos demais atores de um ecossistema de mobilidade urbana, e isso corrobora com a generalidade do modelo.

O primeiro serviço, denominado OwlyHealth, é voltado ao suporte à saúde. Este serviço faz uso de históricos de contextos das entidades presentes em um ecossistema de mobilidade com o objetivo de identificar potenciais exposições a agentes infectocontagiosos, e assim, promover ações de saúde. O segundo serviço é denominado OwlyPredict tem cunho genérico e faz uso de históricos de contextos para prever a ocupação de espaços.

5.1 Problematização

Centros urbanos tem papel importante no desenvolvimento sócio-econômico dos países, propiciando diferentes níveis de serviços a seus habitantes (SUN et al., 2020; WOLCH; BYRNE; NEWELL, 2014). Em centros urbanos os espaços e equipamentos públicos são compartilhados por habitantes e visitantes; meios de transporte coletivos convivem com outros modais de transporte veicular, por fim, pessoas, veículos, equipamentos viários e tecnologias desenham um ecossistema de mobilidade complexo que deve ser confiável, econômico, disponível, confiável e seguro (RAMJI; VENUGOPAL, 2019).

Outra característica comum a centros urbanos é o fomento ao desenvolvimento de entretenimentos e áreas de interesse que ofereçam serviços aos cidadãos. Pontos de interesse como: teatros, cinemas, restaurantes, bares, praças, eventos e festivais motivam o deslocamento das pessoas para além de suas obrigações cotidianas, incentivando a ocupação de espaços.

Muito embora os centros urbanos promovam a aproximação das pessoas, também as deixam sujeitas a riscos de diversas naturezas, dentre eles segurança e saúde. Hamidi e Hamidi (2021) identificaram que a propagação pandêmica do COVID-19, na cidade de Nova York em 2020, foi potencializada pelo deslocamento de pessoas a pontos de interesse. Muito embora a sociedade se aproxime do final desta pandemia, novas variantes de COVID-19 são detectadas e, com frequência, se apresentam mais contagiosas (OMS, 2022).

Neste cenário, prever a ocupação de espaços e identificar precocemente pessoas que estiveram em contato com outras pessoas contaminadas é um ativo relevante tanto para o indivíduo quanto à comunidade. Serviços inteligentes desta natureza potencializam e fortalecem

o ecossistema de mobilidade de centros urbanos.

5.2 Cenário e aspectos do ambiente simulado

A simulação computacional de sistemas consiste no uso de técnicas matemáticas aliadas ao uso de computadores com a finalidade de imitar o funcionamento de operações e sistemas, produzindo respostas equivalentes (SCHRIBER, 1974). Com isso se torna possível avaliar uma operação ou sistema mesmo antes que eles existam.

Modelos, ou representações simplificadas de uma realidade, são fundamentais para o exercício da simulação, estes modelos devem representar a mesma realidade em termos de comportamento dinâmico e estocástico do sistema real.

A simulação computacional é mais indicada para problemas com alta complexidade e alta variabilidade de dados, além disso, o uso de um ambiente simulado permite compreender o comportamento de um sistema em diferentes situações, apoiar a construção de teorias e hipóteses, e prever o comportamento futuro desse sistema, além disso um modelo pode ser utilizado inúmeras vezes, o nível de detalhe com que se pretende executar a simulação pode ser determinando em acordo com a necessidade, permite o controle do tempo e uma melhor compreensão das variáveis importantes do sistema.

Neste sentido, os modelos simulados permitem conclusões e *insights* sobre o comportamento de sistemas reais, identificando gargalos produtivos em sistemas de produção, testando novos sistemas de mobilidade em cidades, suportando o aprimoramento da segurança em veículos em caso de acidentes. Naturalmente a simulação está se tornando uma ferramenta fundamental na concepção de novos serviços (GREINACHER et al., 2020; BARTON, 2009; STORK et al., 2008).

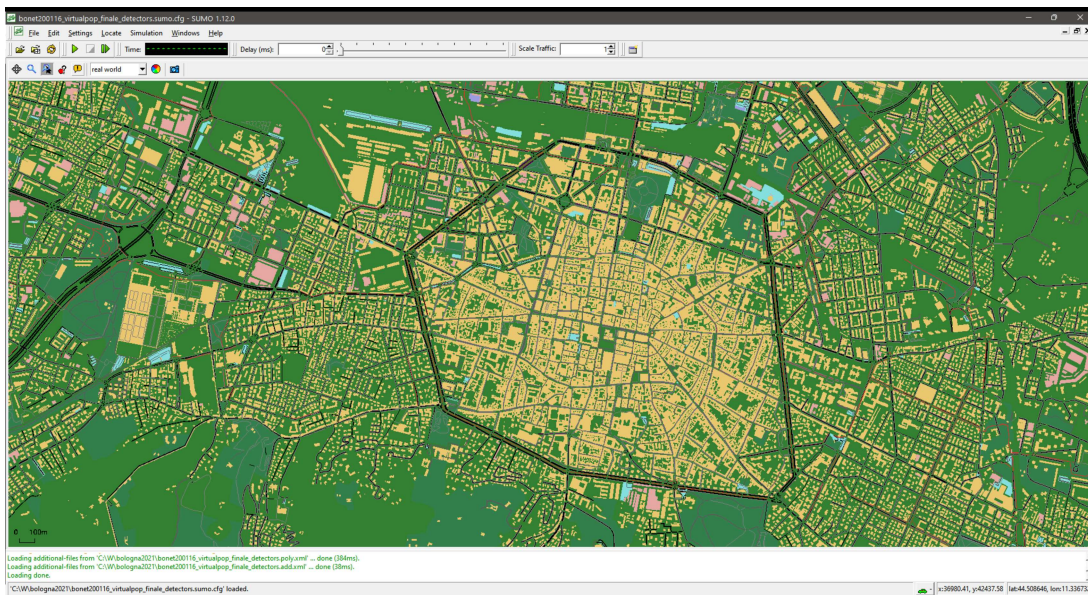
Entretanto, a modelagem do sistema a ser simulado pode se mostrar uma tarefa bastante complexa, os resultados obtidos podem ser de difícil interpretação e o uso de recursos computacionais pode ser elevado (SANTOS, 2018; BANKS et al., 2014). Como forma de minimizar riscos na construção do ambiente simulado, optou-se por utilizar a representação computacional simulada (cenário) da cidade de Bologna, Itália.

A coleta de dados para a avaliação do modelo Surya foi realizada com o apoio do SUMO¹, *open source software* voltado para simulações de tráfego multi-modais contínuas e microscópicas². O cenário escolhido para realizar os experimentos foi a cidade de Bologna na Itália. Este é um cenário validado e utilizado em diversas publicações (SCHWEIZER et al., 2021; BAZZI et al., 2020; MAHMOUD; KADER; MINAAM, 2019; LOPEZ et al., 2018; BIEKER et al., 2015). Schweizer et al. (2021) desenvolveram um cenário de grande escala, baseado em agentes que inclui diversos modais como: carros, ônibus, bicicletas, *scooters* e pedestres. A

¹ *Simulation for Urban MObility*.

² Simulações microscópicas modelam individualmente as dinâmicas de cada veículo.

Figura 28 – Bologna, cenário no Sumo



Fonte: dados da simulação.

Figura 28 apresenta uma visão geral da cidade modelada dentro do SUMO. Alguns diferenciais deste no cenário são:

- Área central da cidade de Bologna foi modelada e compreende aproximadamente 50KM²;
- A área metropolitana é de ao menos 3.700KM², dados de satélite foram utilizados para identificar e criar as conexões de vilas e cidades com o centro de Bologna;
- Mais de 3.316KM de vias são apresentadas, com possibilidade de estacionamento ao longo de vias;
- 14.724 interseções de trânsito foram modeladas, 530 delas controladas por semáforos;
- 58.421 construções;
- 234 linhas do sistema de transporte público a partir de dados disponibilizados pela operadora local (TPER);
- Fluxo de ciclistas modelados com apoio de voluntários na coleta de dados;
- População sintética com comportamento baseado em atividades, considerando o deslocamento multimodal;
- Foco da modelagem do cenário é representar a "hora do *rush*" matinal na cidade de Bologna.

Os autores ainda apontam que bastante esforço foi empregado para modelar o comportamento da população sintética criada. Os deslocamentos, sintonizados com o horário, são

”casa-trabalho” e privilegiam múltiplos modos de transporte: (a) Carro: caminhar até o estacionamento - guiar até um estacionamento - caminhar até o trabalho; (b) Bicicleta e *Scooter* não necessitam de estacionamento, logo o plano estabelecido é guiar ”casa - trabalho”; (c) Caminhar, de forma análoga, o plano de deslocamento é ”casa - trabalho”, limitado a 1,5KM de deslocamento; e (d) Ônibus, este plano incluir caminhar até a estação de ônibus - tomar um ônibus - caminhadas intermediárias entre estações (destino final pode demandar troca de estação) - caminhar até o trabalho.

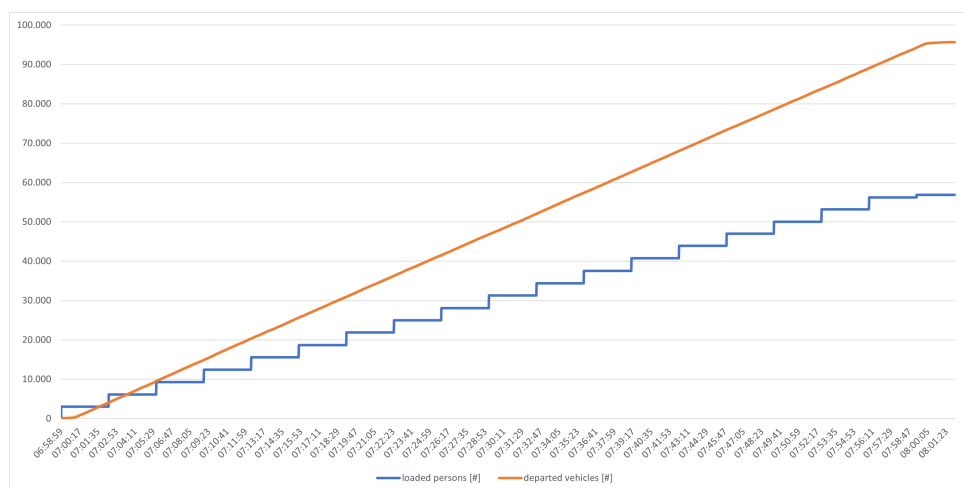
Tabela 11 – Estatísticas de modos de transporte para a população

Estratégia de deslocamento	Pessoas por estratégia	Planos adicionais	Total de planos
Carro	17.337 30,50%	13.923	31.260
Bicicleta	2.424 4,26%	20.310	22.734
Ônibus	17.557 30,89%	39.280	56.837
Scooter	6.199 10,91%	5.168	11.367
Caminhar	13.320 23,44%	12.467	25.787
Total	56.837 100,00%	91.148	147.985

Fonte: adaptado de Schweizer et al. (2021)

A Tabela 11 agrupa a população sintética criada para representar o cenário de cidade de Bologna, organizadas por estratégia de deslocamento. Além da estratégia preferida, planos adicionais podem ser gerados e provê até 147.985 diferentes rotas de deslocamento possíveis neste modelo.

Figura 29 – Ingresso de pessoas e veículos em um ciclo



Fonte: dados da simulação.

A inclusão de pessoas e veículos em uma execução típica do cenário simulado se dá linearmente entre as 06:58:00 e 08:00:00 (Figura 29). Este cenário de simulação está planejado para representar a ”hora do *rush*” matinal da cidade, portanto um ciclo típico de simulação

compreende o horário 7:00 às 08:00. Ao final de um ciclo foram incluídas 56.839 pessoas e 95.686 veículos, estão paradas (em congestionamentos) 3.421 pessoas e 30.762 veículos, outras 26.688 pessoas e 55.864 veículos seguem a caminho de seus destinos (plano "casa - trabalho").

5.2.1 Ciclos de simulação para avaliação do modelo Surya

Alterações foram realizadas nos arquivos de configuração deste cenário para potencializar o comportamento estocástico do modelo. O arquivo ".sumo.cfg", que consolida as configurações gerais da simulação, foi submetido as alterações apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Alterações em configurações do cenário

	Início e fim da simulação	Aleatoriedade	Passo de simulação	Ativação de Logs
Original	<code><begin value="21600.0"/></code> <code><end value="28800.0"/></code>	<code><seed value="42"/></code>	<code><step-length value="0.2"/></code>	
Novo	<code><begin value="24300.0"/></code> <code><end value="29700.0"/></code>	<code><random value="True"/></code>	<code><step-length value="1"/></code>	<code><tripinfo-output.write-unfinished value="True"/></code> <code><duration-log.statistics value="True"/></code> <code><output-prefix value="TIME"/></code>
Nota	Horário da simulação ajustado para 06:15 até as 8:15	Garantir que cada ciclo seja realizado com uma nova semente de aleatoriedade	Passos de 1 segundo atendem a necessidade deste estudo	Ativação de logs adicionais. Garantir que cada ciclo tenha seu conjunto de logs

Fonte: elaborado pelo autor.

As alterações realizadas nesse arquivo visam estender o período de simulação para privilegiar a análise de fluxo das 06:45 às 8:15, garantir aleatoriedade entre os ciclos executados, otimizar o consumo de recursos computacionais ao longo das execuções e obter dados de logs mais ricos de cada ciclo.

Se mostrou necessário, também, ajustar a determinação de rotas (arquivo ".rou.xml") para incluir uma estratégia de determinação dinâmica de veículos. A configuração original previa apenas uma classe para veículos de passeio e uma classe para ônibus. A fim de aumentar a aleatoriedade entre ciclos de simulação, por meio da maior fluidez no deslocamento dos veículos, foram implementadas cinco novas classes para veículos de passeio e seis para ônibus, selecionadas dinamicamente em razão da probabilidade informada. A Tabela 13 apresenta as novas classes e os parâmetros ajustados.

A coleta de dados para suportar a avaliação do modelo Surya na oferta de serviços inteligentes em ecossistemas de mobilidade consiste de 75 ciclos de simulação. Estes ciclos equivalente a 15 semanas de deslocamentos "casa - trabalho" em horário de pico (*hush hour*).

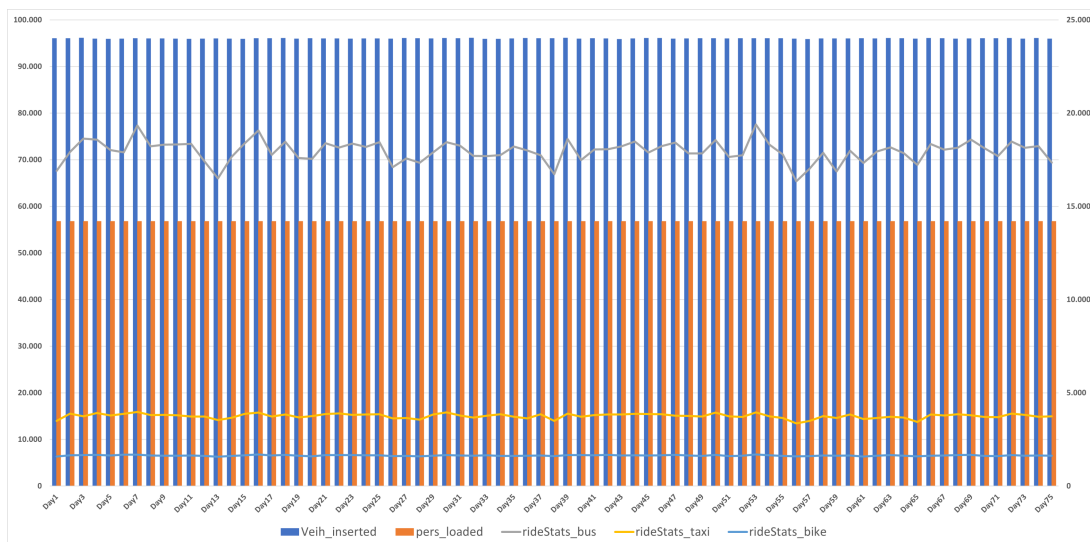
A Figura 30 apresenta dados obtidos nos *logs* da ferramenta de simulação. Veículos e pessoas adicionadas em cada ciclo (*Veih_inserted* e *Pers_loaded*) estão associados a escala esquerda do gráfico, a quantidade de veículos tem média (μ) de 96.040 e desvio padrão (σ) de 59,10, já a quantidade de pessoas tem $\mu=56.839$ e $\sigma=0$. Dentre os dados disponíveis nos *logs* encontra-se a quantidade de pessoas que que no ciclo utilizaram ônibus (*rideStats_bus*, $\mu=17.961,52$ $\sigma=571,37$), táxi (*rideStats_taxi*, $\mu=3.758,17$ $\sigma=125,73$) e bicicleta (*rideStats_bike*, $\mu=1.637,05$ $\sigma=701$), apresentados na escala direita do gráfico.

Tabela 13 – Novas classes de veículos

Classe	Probabilidade	Velocidade Máxima (KM/h)	Aceleração (m/s)	
passenger1	100%	50	4.5	Original
passenger1A	40%	45	4.0	Nova
passenger1B	20%	50	4.5	Nova
passenger1C	20%	50	4.5	Nova
passenger1D	10%	55	4.5	Nova
passenger1E	10%	60	5.0	Nova
bus	100%	22	2.5	Original
busA	30%	22	2.5	Nova
busB	20%	25	2.5	Nova
busC	20%	15	2.5	Nova
busD	10%	15	2.5	Nova
busE	10%	30	2.5	Nova
busF	10%	35	2.5	Nova

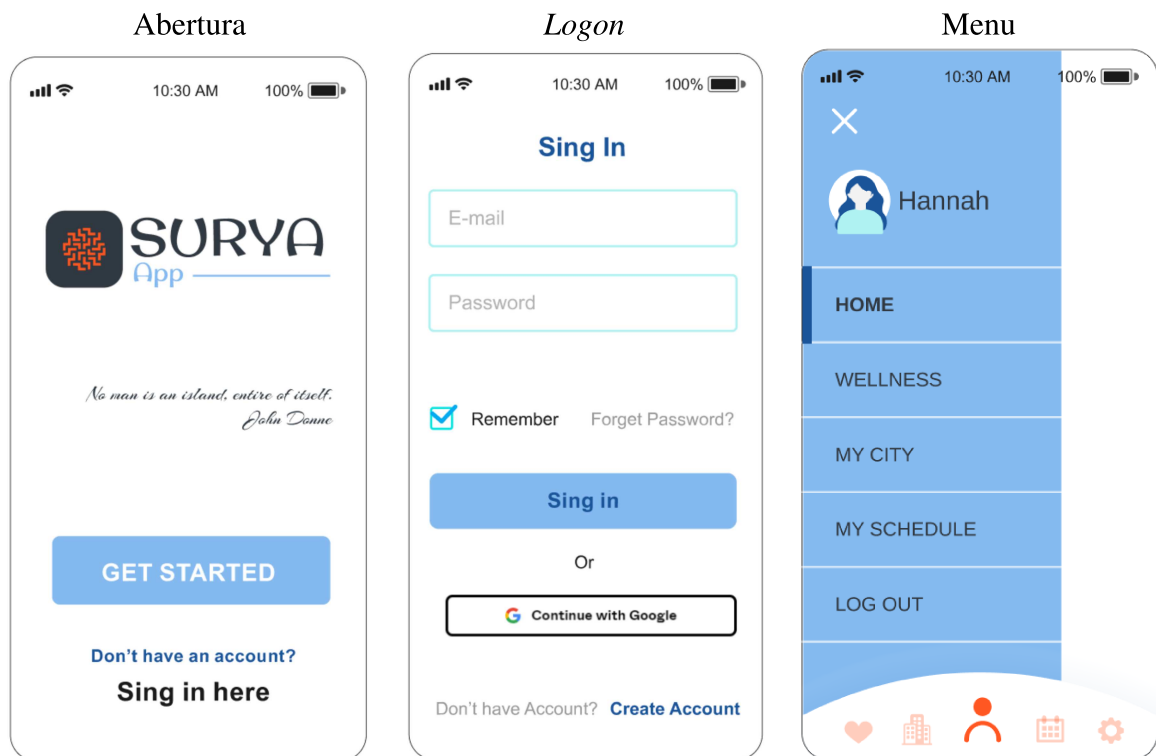
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 30 – Ciclos de simulação



Fonte: dados da simulação.

Figura 32 – SuryaApp: interfaces iniciais



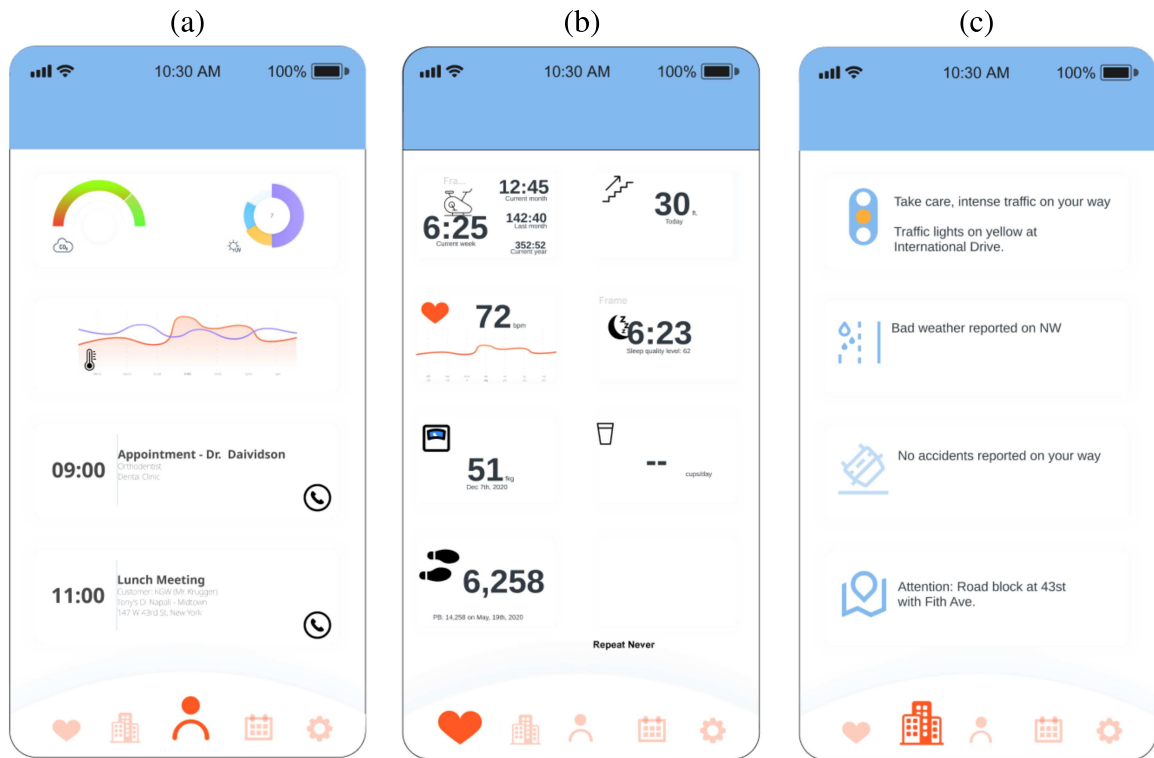
Fonte: elaborado pelo autor.

coração, apresenta informações associadas a saúde. *My City* com ícone que lembra uma cidade, apresenta informações referentes ao ecossistema de mobilidade. E, por fim, *My Schedule*, um calendário destinado a centralizar os compromissos da usuário.

As Figuras 33 e 34 apresentam as seis interfaces centrais do SuryaAPP:

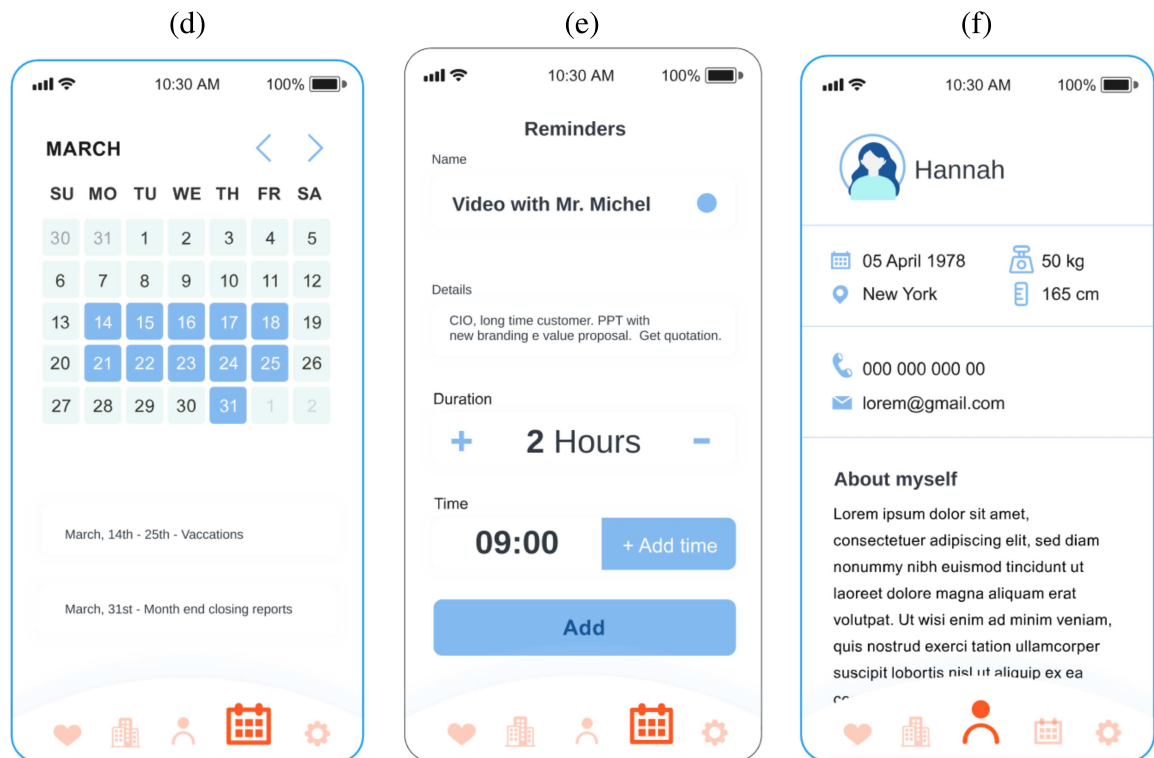
- Tela (a) *Home* contém quadro-resumos (*tiles*) com informações definidas pelo usuário, neste exemplo apresenta-se o índice de CO₂, índice UV, temperatura e sensação térmica e compromissos do dia;
- Tela (b) *Wellness* contém os indicadores de saúde como: tempo de atividades físicas, frequência cardíaca, padrão de sono, peso, consumo de água e passos. Estes dados são oriundos de sensores do dispositivo, de um *smartwatch* conectado ou inclusão manual;
- Tela (c) *My City* consolida informações oriundas do *SuryaServer*. Estas informações (geo-referenciadas e contextualizadas) estão agrupadas em quatro categorias: trânsito e fluxo urbano, condição climática nas rodovias, acidentes e informações gerais;
- Tela (d) *My Schedule* apresenta um calendário com os principais compromissos;
- Tela (e) *Reminders* é acessada a partir da tela *My Schedule* e é por meio dela que se possibilita a inclusão ou alteração de compromissos;

Figura 33 – SuryaApp: interfaces centrais 1



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 34 – SuryaApp: interfaces centrais 2



Fonte: elaborado pelo autor.

- Tela (f) *Profile* consolida os dados do perfil do usuário.

5.4 OwlyHealth - serviço inteligente de suporte a saúde

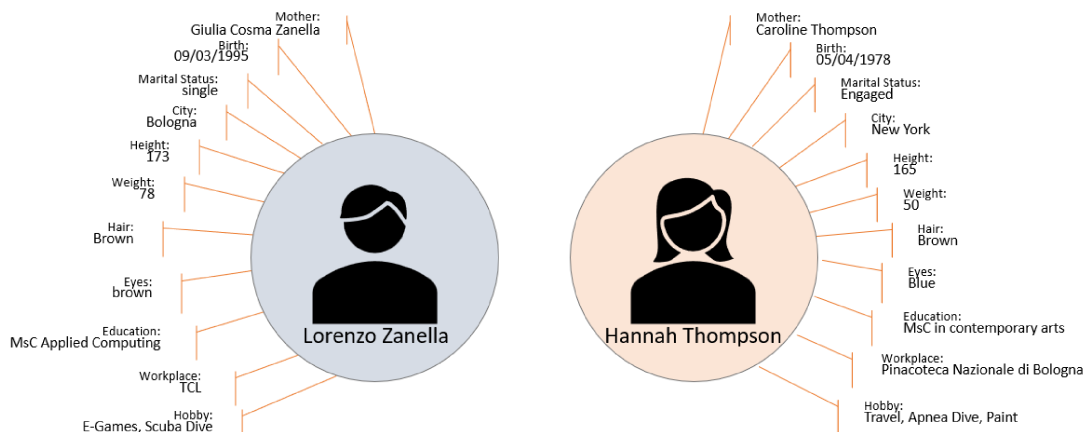
OwlyHealth é um serviço inteligente que faz uso de histórico de contextos para identificar a exposição de pessoas a riscos sanitários e promover a saúde das pessoas. Este serviço utiliza funcionalidades do modelo Surya e está integrado de forma transparente ao SuryaApp.

Para a composição deste serviço dados foram coletados de um ciclo simulado no SUMO. O acompanhamento e a coleta de dados ao longo da execução deste ciclo permitiu a composição de perfis, contextos e histórico de contextos, ou seja, um cenário completo para a apresentação deste serviço inteligente de promoção a saúde.

5.4.1 Cenário de avaliação

A simulação de ciclo em um ecossistema de mobilidade urbana complexo produz uma grande quantidade de interações. Com o objetivo de simplificar a apresentação do OwlyHealth o cenário de avaliação é composto de dois agentes deste ecossistema. A estes agentes foram atribuídos nomes fictícios de "Hannah Thompson" e "Lorenzo Zanella" e estabelecidos os perfis sintéticos apresentados na Figura 35. Um arquivo JSON contendo os dados destes perfis está disponível no capítulo Apêndice.

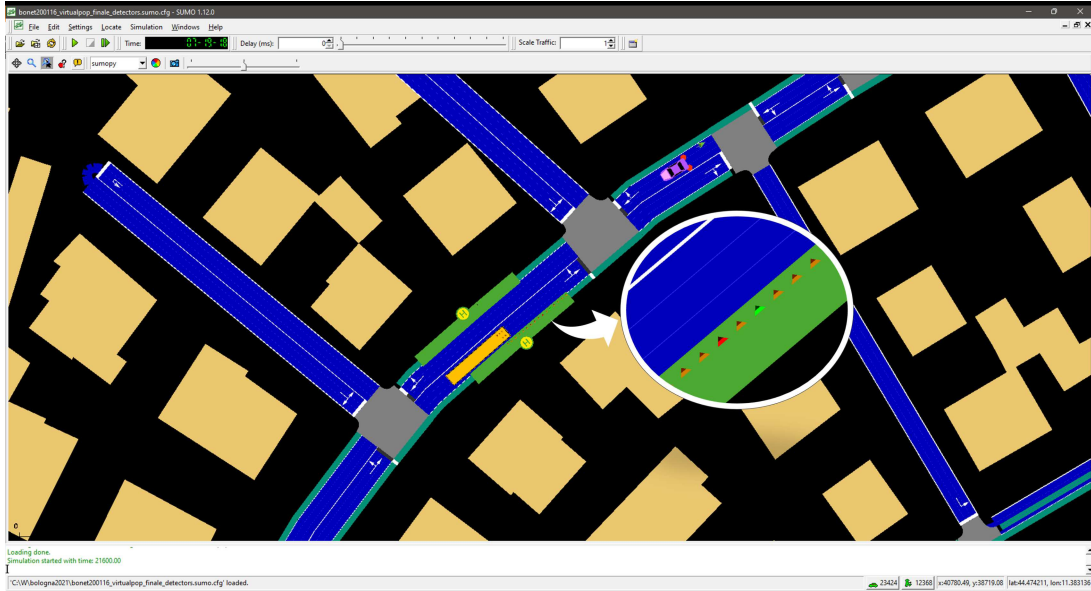
Figura 35 – Perfis Lorenzo e Hannah



Fonte: elaborado pelo autor.

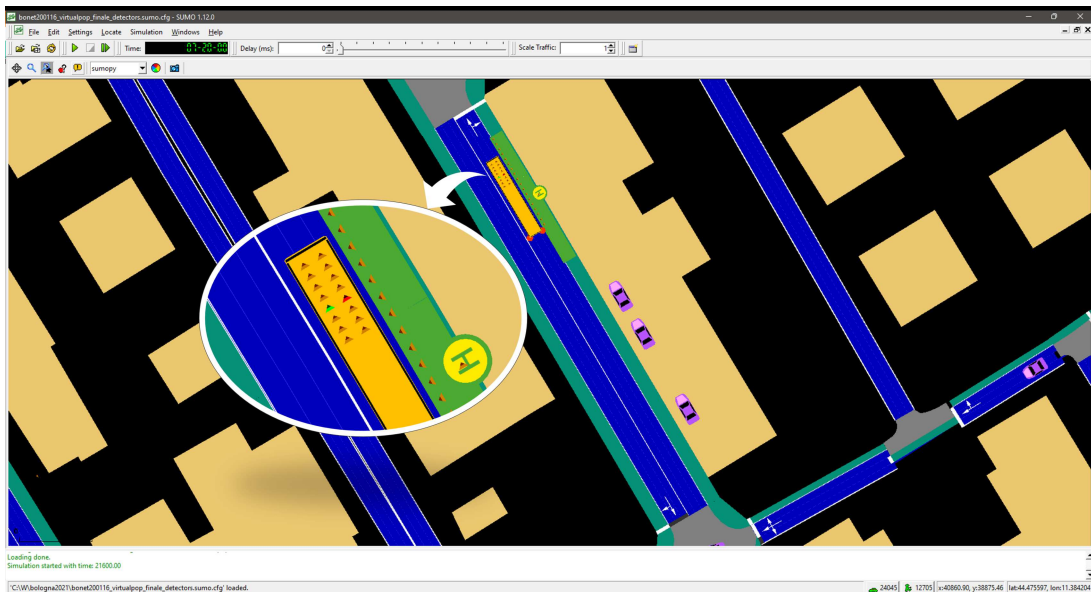
Muito embora Hannah e Lorenzo não se conheçam, eles eventualmente compartilham ambientes. As Figuras 36 e 37 apresentam dois destes momentos. No primeiro ambos se encontram na estação *Calabria* aguardando um ônibus, no segundo momento ambos estão dentro de um ônibus da linha 27 a altura da estação *Venezia Giulia*. Para facilitar a identificação, os agentes receberam cores distintas. Hannah é o triângulo verde e Lorenzo é o triângulo vermelho. Uma elipse foi adicionada com a ampliação da imagem.

Figura 36 – Espaços compartilhados - Estação Calábria



Fonte: dados da simulação.

Figura 37 – Espaços compartilhados - Ônibus Linha 27

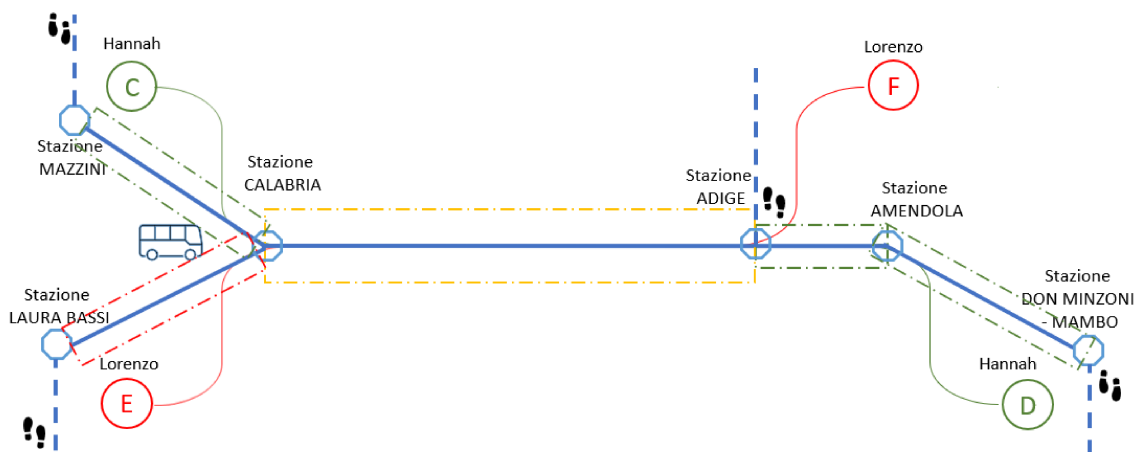


Fonte: dados da simulação.

Ao longo da execução de seus planos "casa - trabalho" estes agentes participam de algumas janelas de interação conforme sintetizado na Figura 38. Os planos "casa - trabalho" dos agentes Hannah e Lorenzo são:

- Hannah inicia sua jornada caminhando até a *Stazione Mazzini*, toma um ônibus com destino a *Stazione Calabria*. Nesta estação aguarda por um ônibus para a *Stazione Amendola*. O veículo para a estação *Amendola* realiza algumas paradas em estações intermediárias para entrada e saída de passageiros. A chegar em *Amendola*, toma um ônibus para a *Stazione Don Minzoni - Mambo*. Esta é sua última estação, ela realiza o restante do trajeto caminhando;
- Por sua vez, Lorenzo se desloca caminhando até a *Stazione Laura Bassi*, toma um ônibus para a *Stazione Calabria*. Aguarda por algum tempo na estação por um ônibus que o leve à *Stazione Adige*. Seu destino é próximo desta última estação e ele percorre esse trajeto final caminhando.

Figura 38 – Interações e janelas de interação



Fonte: elaborado pelo autor.

Todas as alterações de contextos que acontecem nestes trajetos são identificadas e registradas. A implementação do modelo Surya suporta a identificação e monitoramento dos contextos de agentes, a cada mudança de contexto a "versão anterior" é adicionada ao histórico de contextos do agente. Estas atividades são realizadas de forma transparente pelo SuryaServer a partir de dados coletados tanto pelo SuryaApp quanto por dispositivos SuryaNode disponíveis.

Os retângulos coloridos ao longo dos trajetos apresentados na Figura 38 são janelas de interação e agrupamentos (*Interaction Clusters*). A diferença entre as janelas de interação e agrupamentos é tênue em sua forma, mas relevante em sua aplicabilidade. Enquanto uma janela de interação está associada a ao tempo em que existiu uma aproximação (interação) entre entidades o agrupamento se assemelha a uma entidade (composta) e por conseguinte, pode ter perfil, contexto e histórico de contextos. Os agrupamentos são uma estratégia do modelo

Surya para evitar replicação de dados entre diversas entidades que se encontram sob as mesmas circunstâncias (como no interior de um veículo).

Como comentado anteriormente, o OwlyHealth faz uso dos históricos de contextos das entidades para suportar serviços inteligentes de saúde. Os históricos de contextos construídos até o momento já podem ser utilizados pelo OwlyHealth. Consideremos que Lorenzo, dois dias depois do percurso apresentado acima está com suspeita de ter contraído COVID e realiza um exame. Seu exame confirma sua suspeita.

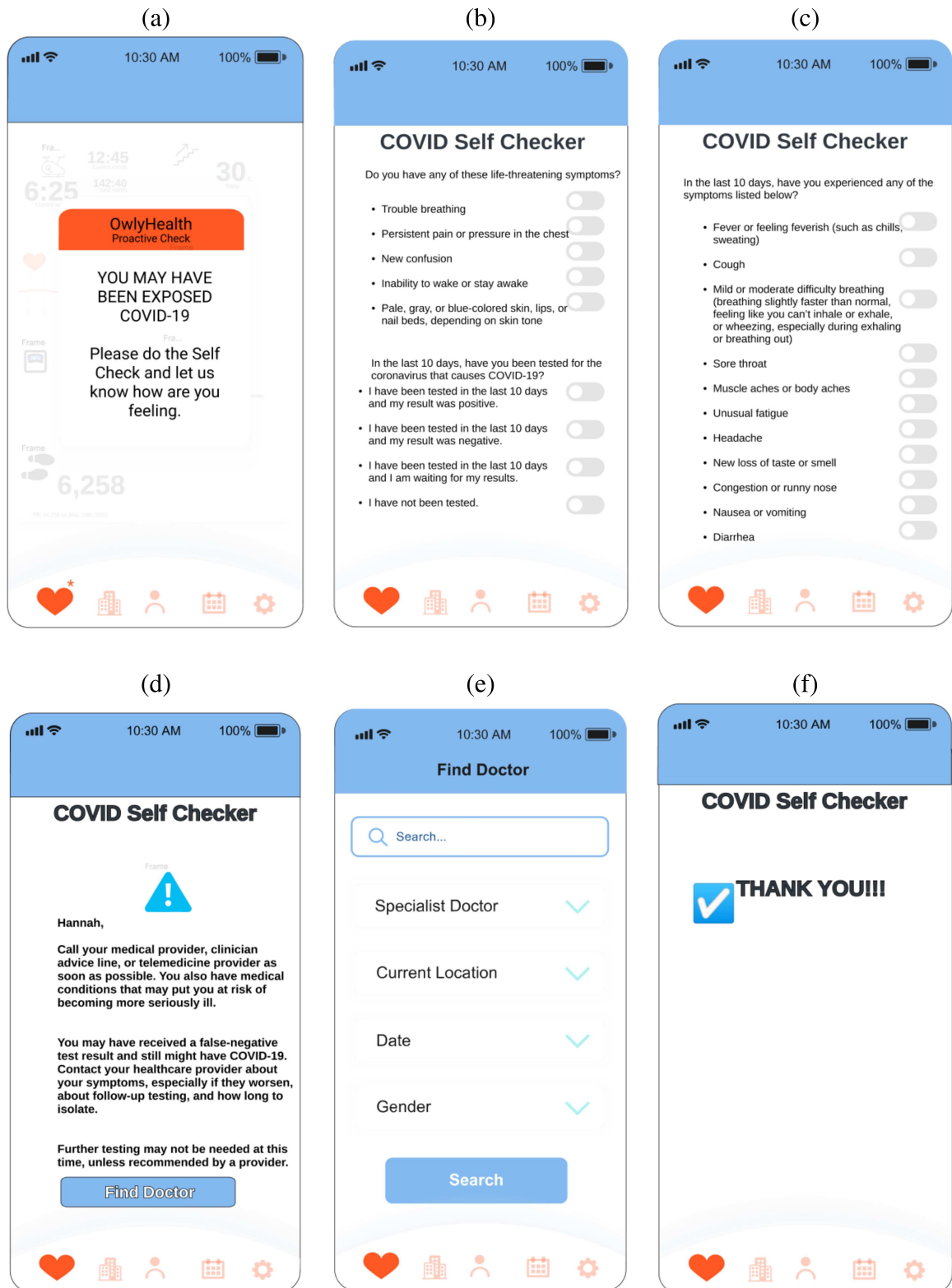
OwlyHealth, ao analisar o histórico de contextos de Lorenzo (sua visita ao Hospital, passagem por uma farmácia, afastamento social que destoa da predição de contextos) o coloca sob suspeita. Cruzamento com dados com bancos de dados de positivados confirmam o cenário. Estas atividades são realizadas pelo sistema multiagentes do SuryaServer. O próximo passo, ou tarefa do sistema multiagentes, é analisar a última semana de históricos de contextos do Lorenzo em busca de interações, superiores a 15 minutos (OMS, 2022), que podem ter ocasionado a disseminação do vírus.

Ao analisar os históricos de contextos de Lorenzo o deslocamento apresentado na Figura 38 é identificado. As pessoas que permaneceram mais de 15 minutos em local fechado a uma distância inferior a dois metros são mapeadas. Para todas estas pessoas o protocolo será o mesmo: analisar seus históricos de contextos em busca de visitas a hospitais e farmácias e mudança repentina em comportamentos sociais.

Hannah é identificada pelo sistema, mas não apresentou mudança de comportamento perceptível. Neste momento entra em ação outra estratégia do OwlyHealth, um contato *one2one* com o usuário do sistema. Sua integração com o SuryaApp permite que Hannah seja informada que está no grupo de risco por conta de ter passado 32 minutos próxima de Lorenzo (esta informação jamais será revelada a ela) e lhe solicita a realização de uma triagem eletrônica (COVID Self Test) diretamente pelo SuryaApp.

Uma *splash screen* será apresentada no *smartphone* de Hannah lhe solicitando para realizar a triagem. A figura 39 demonstra as novas telas que poderão ser apresentadas a Hannah. As interfaces (b) e (c) são uma triagem padrão internacional, caso as respostas indiquem contaminação a interface (d) será apresentada, permitindo agendar uma consulta diretamente com um especialista via interface (e). Quando os sintomas reportados não apontem para contaminação a tela (f) é apresentada, em substituição as telas (d) e (e).

Figura 39 – SuryaApp: COVID Self Checker



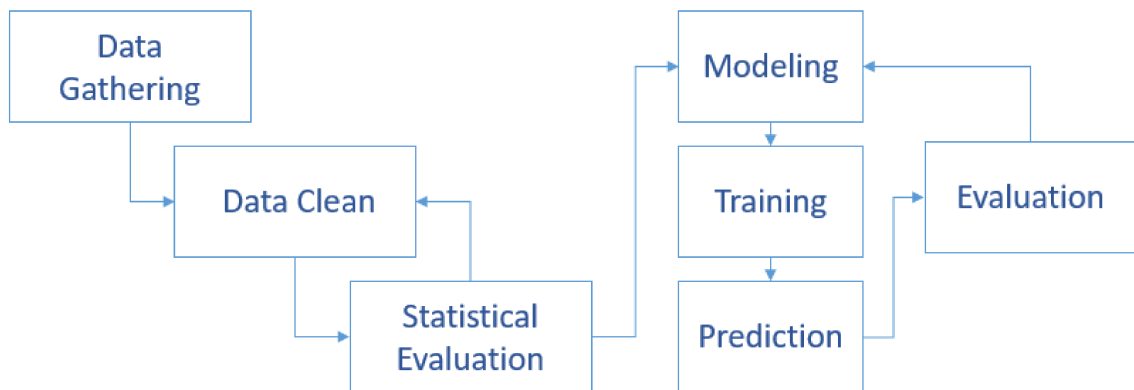
Fonte: elaborado pelo autor.

5.5 OwlyPredict - serviço inteligente de previsão de ocupação de espaços

OwlyPredict é um serviço inteligente que faz uso de históricos de contextos para a previsão da quantidade de pessoas em espaços. A proposição para avaliação do serviço é ambientada no fluxo de pessoas em ônibus. Identificar o perfil, a frequência, a permanência de pessoas em ambientes é um ativo importante para impulsionar negócios de diversos atores de um ecossistema de mobilidade, da mesma forma a previsão da quantidade de pessoas em um determinado espaço.

O fluxo com as macro atividades realizadas na concepção deste serviço é apresentado na Figura 40, estas atividades são detalhadas a seguir.

Figura 40 – Fluxo de atividades



Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.1 Etapa 1 - Coleta de Dados

Os dados para suporte a avaliação deste serviço são oriundos da execução de 75 ciclos de simulação. Estes ciclos compõem o histórico de contextos de cada veículo. Deste histórico foram extraídos os dados referentes ao trânsito de pessoas em cada veículo da linha 87 do sistema de transporte público de Bologna. A linha 87 tem um percurso com 39 estações, inicia sua jornada as 6:45 na 3111 - *Stazione Beolco* e a finaliza na 7060 - *Stazione Filanda*, a cada 11 minutos um novo veículo inicia a rota.

A análises apresentadas foram desenvolvidas na linguagem *Python* com apoio do *software Jupyter Notebook*. Os dados obtidos na coleta foram armazenados em um arquivo *.csv* e carregados, com o uso da biblioteca *pandas*, para um *dataframe*. A Figura 41 apresenta um resumo uma visão geral dos dados carregados. O banco de dados consolida dados da circulação de todos os veículos da linha 87 ao longo dos ciclos, agrupado por minutos (dado original está em segundos). Esta tabela está organizada da seguinte forma: **Linhas**, nas linhas tem-se um registro consolidado minuto a minuto das 7:00:00 às 8:14:59. **Colunas**, as colunas apresentam os dados de "quantidade inicial de passageiros", "passageiros que ingressaram no veículo",

”passageiros que saíram do veículo” e ”fluxo final (inicial + ingressaram - saíram)” para cada ciclo (Day1..Day75).

Figura 41 – Banco de dados inicial

	HRTime	Day1_Initial	Day1_Loaded	Day1_Unloaded	Day1_Final	...	Day74_Final	Day75_Initial	Day75_Loaded	Day75_Unloaded	Day75_Final
0	07:00	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	07:01	0.0	0.0	0.0	0.0	...	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	07:02	0.0	3.0	0.0	3.0	...	3.0	0.0	3.0	0.0	3.0
3	07:03	11.0	7.0	0.0	18.0	...	20.0	11.0	9.0	0.0	20.0
4	07:04	22.0	3.0	0.0	25.0	...	13.0	26.0	3.0	0.0	29.0
...
70	08:10	54.0	2.0	0.0	56.0	...	42.0	84.0	0.0	0.0	84.0
71	08:11	42.0	0.0	0.0	42.0	...	84.0	NaN	NaN	NaN	NaN
72	08:12	69.0	1.0	3.0	67.0	...	45.0	NaN	NaN	NaN	NaN
73	08:13	54.0	2.0	1.0	55.0	...	113.0	NaN	NaN	NaN	NaN
74	08:14	139.0	7.0	4.0	142.0	...	57.0	NaN	NaN	NaN	NaN

75 rows x 301 columns

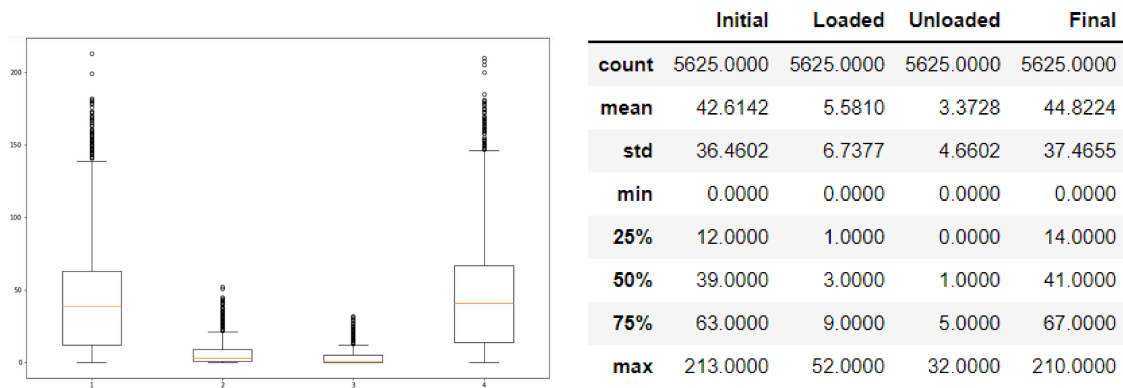
Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.2 Etapa 2 - Saneamento de dados e avaliação estatística

Ao observar-se a Figura 41, nota-se a presença de valores ausentes (impurezas). A etapa de ”saneamento de dados” se destina a avaliação da qualidade e tratamento destes dados. As ações realizadas nesta fase foram:

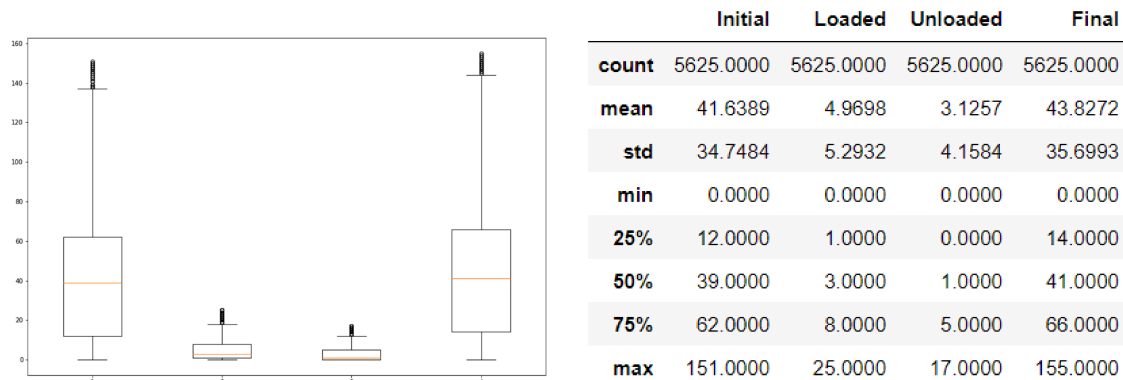
- Substituição de valores faltantes. Coluna ”*initial” recebe o mesmo valor do registro anterior se estiver sem valor (NaN). As colunas ”*Loaded” e ”*Unloaded” que estiverem sem valor recebem zero (0). Para a coluna ”*Final” um novo cálculo foi realizado (*Initial + Loaded - Unloaded*).
- Reorganização dos dados para reduzir o número de colunas (76 -> 4) e caracterizar uma série temporal. Essa estratégia altera a dimensionalidade da tabela consolidando todos os dados relativos a quantidade inicial de passageiros, a quantidade de passageiros que embarcaram no veículo, a quantidade de passageiros que desembarcaram do veículo e a quantidade final de todos os ciclos em apenas quatro colunas.
- *Boxplot* e estatísticas descritivas para identificar *outliers*. A Figura 42 apresenta tanto do gráfico *boxplot* quanto as estatísticas descritivas desta base de dados. Nesta Figura observa-se a presença de *outliers* em todas as variáveis. O tratamento de *outliers* foi realizado com a substituição dos valores acima da média + três desvios padrões (*outliers*) pelo valor médio da coluna. A Figura 43 atualiza o *boxplot* e as estatísticas do *dataset*.
- Padronização *Scaling* dos dados, esta técnica visa reduzir o ruído nos dados padronizando-os em uma escala de 0-1. Um segundo *dataset*, com os dados padronizados, é criado nesta etapa com a função *MinMaxScaler()* do pacote *sklearn*.

Figura 42 – *Boxplot* e estatísticas descritivas sem tratamento de *outliers*



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 43 – *Boxplot* e estatísticas descritivas com tratamento de *outliers*



Fonte: elaborado pelo autor.

5.5.3 Etapa 3 - Modelagem e treinamento

Esta etapa se inicia com a seleção de uma série para ser utilizada na predição de ocupação de espaços. Optou-se por utilizar os dados de embarque (pessoas que embarcam no ônibus - coluna "Loaded" no *dataset*) por se entender que este é o principal preditor associado a esta demanda. Em seguida o registros desta série foram segmentados em dois conjuntos, um conjunto para treino e outro para testes, na proporção de 80% (4500) e 20% (1125) respectivamente. Esta proporção está alinhada com a quantidade de observações em cada ciclos de simulação.

A escolha do modelo de predição mais adequado depende de alguns fatores, logo se fazem necessários alguns testes e avaliações. Para avaliar se a série apresenta tendência (positiva ou negativa) ou é estacionária (neutra) pode-se utilizar o teste Augmented Dikey-Fuller (ADF) (CHEUNG; LA, 1995). Ao se aplicar este teste obteve-se os resultados apresentados na Tabela 14. Os resultados apontam que a série é fortemente estacionária ($p\text{-value} < 0,05$ e $ADF\ Test\ Statistic < \text{valor crítico } 1\%$). O teste de Hurst ($H = 0,0777$, $c = 2,3743$) também corrobora com a percepção de que esta é uma série estacionária ($H < 0,5$).

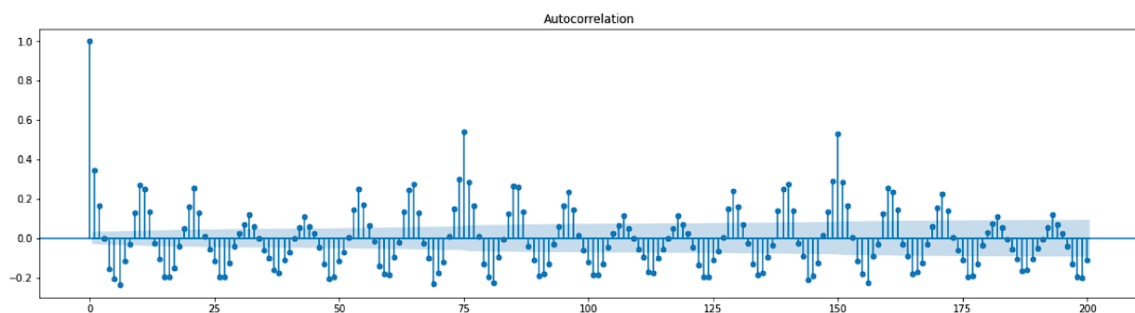
Tabela 14 – Resultado teste *Augmented Dickey-Fuller*

Augmented Dickey-Fuller	Test Results
ADF Test Statistic	-1.561724e+01
P-Value	1.749830e-28
# Lags Used	3.000000e+01
# Observations Used	4.469000e+03
Critical Value (1%)	-3.431814e+00
Critical Value (5%)	-2.862187e+00
Critical Value (10%)	-2.567114e+00

Fonte: elaborado pelo autor.

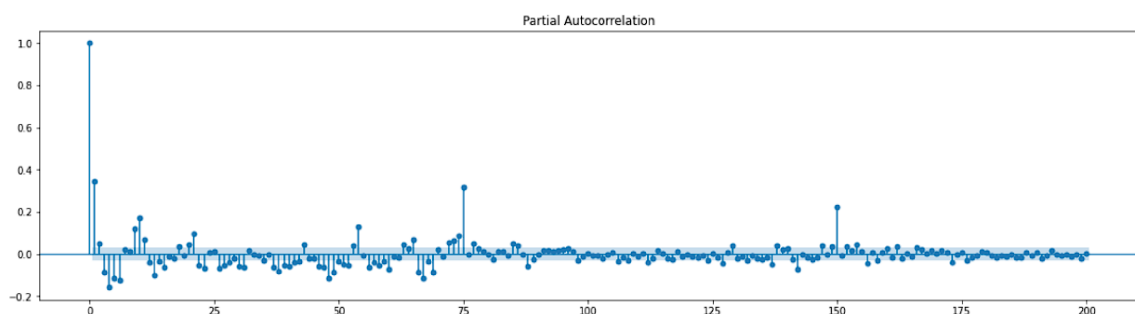
Outra avaliação habitual no tratamento de séries temporais está associada ao nível de similaridade entre períodos da série e mede o relacionamento entre a variável atual e seus valores passados (MALLICK, 2020). Esta avaliação é conhecida como autocorrelação e pressupõe que a série seja estacionária (do contrário um tratamento prévio para expurgar a tendência seria necessário). A avaliação de autocorrelação e autocorrelação parcial produziu gráficos apresentados nas Figuras 44 e 45. A janela de análise (*lags*) foi definida em 200 observações para compreender ao menos dois ciclos de simulação (cada ciclo compreende 75 observações). O gráfico de correlação aponta a existência de sazonalidades (presença de picos além da área azul).

Figura 44 – Autocorrelação



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 45 – Autocorrelação Parcial



Fonte: elaborado pelo autor.

ARIMA, ou *Auto Regressive Integrated Moving Average*, é uma classe de modelos que fazem uso de séries temporais (passado) para gerar uma previsão (futuro). ARIMA inclui modelos auto-regressivos, médias móveis, de sazonalidade. Este modelo e suas variantes (ARIMAX, SARIMA, SARIMAX) são utilizados em diversos cenários (BENVENUTO et al., 2020; FATTAH et al., 2018).

Para este estudo a variante SARIMA⁵ se mostra mais adequada pois a série temporal que estamos utilizando é estacionária (requisito para uso dos modelos ARIMA) e apresenta sazonalidade. A Figura 46 apresenta o melhor modelo encontrado para esta série temporal. Enquanto um modelo ARIMA apresenta três parâmetros: ordem de tendência de autoregressão (p), ordem de tendência de diferença (d) e ordem de tendência de média móvel (q); a um modelo SARIMA são adicionados quatro novos parâmetros: ordem autoregressiva sazonal (P), ordem de diferença sazonal (D), ordem de média móvel sazonal (Q) e número de passos de cada período sazonal (m). A busca pelos parâmetros mais adequados para esta série temporal demandou diversos cenários de testes.

Figura 46 – SARIMA Model

SARIMAX Results						
Dep. Variable:	y			No. Observations:	4500	
Model:	SARIMAX(1, 0, 0)x(2, 1, 0, 10)			Log Likelihood	-14015.378	
Date:	Sun, 06 Mar 2022			AIC	28038.755	
Time:	23:00:11			BIC	28064.394	
Sample:	0			HQIC	28047.790	
	- 4500					
Covariance Type:	opg					
	coef	std err	z	P> z	[0.025	0.975]
ar.L1	0.2734	0.013	20.644	0.000	0.247	0.299
ar.S.L10	-0.5380	0.013	-42.247	0.000	-0.563	-0.513
ar.S.L20	-0.2511	0.014	-18.069	0.000	-0.278	-0.224
sigma2	30.0928	0.540	55.726	0.000	29.034	31.151
Ljung-Box (L1) (Q):			2.73	Jarque-Bera (JB):	393.42	
Prob(Q):			0.10	Prob(JB):	0.00	
Heteroskedasticity (H):			1.05	Skew:	0.62	
Prob(H) (two-sided):			0.32	Kurtosis:	3.77	

Fonte: elaborado pelo autor.

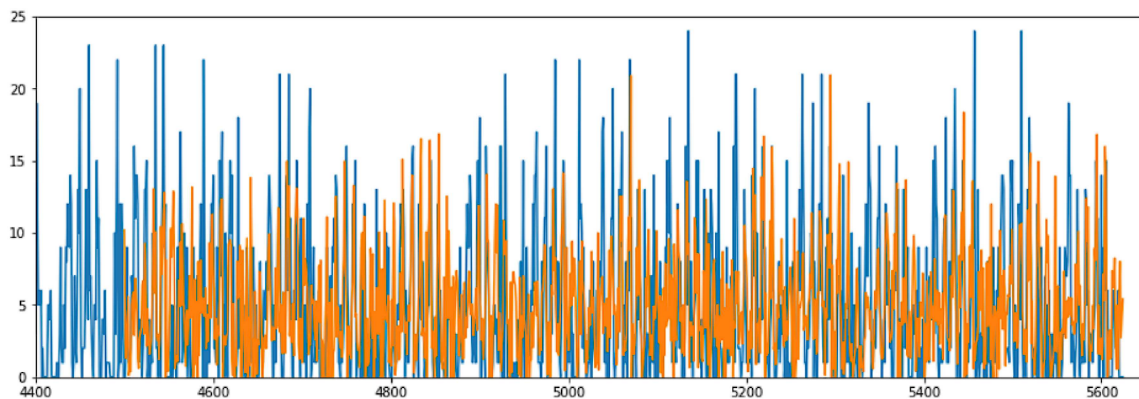
5.5.4 Etapa 4 - Predição e avaliação

O modelo desenvolvido foi utilizado para gerar a predição da ocupação de ônibus da linha 87 para os próximos 15 dias (1125 observações). A Figura 47 apresenta os dados originais na cor azul com a sobreposição das predições com as quantidades de passageiros na cor laranja. As estatísticas descritivas são apresentadas na Tabela 15. Observa-se que as médias entre as

⁵ *Seasonal autoregressive integrated moving average* (SARIMA), variante ARIMA orientada a séries temporais com sazonalidade. Na implementação Python recebe o nome de SARIMAX pois também suporta variáveis exógenas.

predições e as quantidade do *dataset* de teste são próximas, o desvio padrão da predição esta defasado em pouco mais de 1,5 e o valor máximo projetado representa mais de três pessoas em um ônibus.

Figura 47 – SARIMA: 15 dias de predição



Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 15 – Predição SARIMA: estatísticas descritivas

	Prediction	Test	Diff
count	1125.0000	1125.0000	0.0000
mean	4.8905	4.9413	-0.0508
std	3.7109	5.2177	-1.5068
min	0.0000	0.0000	0.0000
25%	2.2106	1.0000	1.2106
50%	4.2417	3.0000	1.2417
75%	6.9963	8.0000	-1.0037
max	20.9442	24.0000	-3.0558

Fonte: elaborado pelo autor.

Outra forma de perceber o resultado da previsão é por meio da Tabela 16 onde os resultados obtidos são agrupados por dia, permitindo uma comparação mais clara e objetiva. Pode-se observar a existência de diferenças relevantes, uma superestimativa que alcança 23,1% no quinto dia e uma subestimativa de 13,5% no sétimo dia. Cabe observar que há, contudo, algumas (5) predições com diferenças inferiores a 5,2%.

Tabela 16 – Resultado da predição agrupado por dia

Prediction Day	Prediction	Test	Difference	%Difference
DayP.01	365	389	-24	-6.3%
DayP.02	347	398	-51	-12.8%
DayP.03	373	406	-33	-8.1%
DayP.04	328	323	5	1.6%
DayP.05	396	322	74	23.1%
DayP.06	363	345	18	5.2%
DayP.07	346	400	-54	-13.5%
DayP.08	393	385	8	2.1%
DayP.09	366	391	-25	-6.4%
DayP.10	388	357	31	8.6%
DayP.11	374	378	-4	-1.2%
DayP.12	341	371	-30	-8.2%
DayP.13	378	403	-25	-6.3%
DayP.14	382	367	15	4.0%
DayP.15	363	324	39	12.2%
Total	5,502	5,559	-57	

Fonte: elaborado pelo autor.

5.6 Considerações Finais

Este capítulo apresentou avaliação e resultados alcançados com dois serviços inteligentes que fazem uso de históricos de contextos. OwlyHealth voltado à saúde e o OwlyPredict direcionado a predição de ocupação de espaços. Os dados foram coletados a partir de ciclos de simulação em um cenário validado da cidade de Bologna na Itália no SUMO.

O capítulo se inicia com a problematização, cenário e aspectos da simulação a seguir as funcionalidades do aplicativo para *smartphones* SuryaAPP são apresentadas. Este aplicativo é a principal interface para oferta de serviços inteligentes para pessoas em ecossistemas de mobilidade que implementam o modelo Surya.

A segunda metade do capítulo é destinada a apresentação e detalhamento dos serviços OwlyHealth e OwlyPredict. Estes serviços focam em atores distintos do ecossistema de mobilidade o que reforça a generalidade do modelo Surya.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A complexidade dos ecossistemas de mobilidade, no que tange as necessidades de seus atores, foi o motivador deste estudo. Neste sentido o modelo Surya foi concebido para suportar a oferta de serviços inteligentes aos atores de um ecossistema de mobilidade e, para tanto, fazendo uso de históricos de contextos destes atores.

Entende-se que a hipótese inicial deste estudo, "um ecossistema de mobilidade pode ser beneficiado por serviços inteligentes que se utilizam de históricos de contextos", se mostra efetiva com o desenrolar desta tese.

Esta tese apresentou o Modelo Surya, um modelo computacional que se utiliza de conceitos de computação ubíqua para, a partir de interações dos atores de um ecossistema de mobilidade, suportar a identificação de perfis, contextos, e composição de históricos de contextos para promover serviços inteligentes aos diversos atores deste ecossistema.

Este documento se inicia com a contextualização do tema e sua relevância. A seguir uma breve revisão dos principais conceitos é apresentada e complementada com um estudo de trabalhos relacionados que envolveu um mapeamento sistemático e fez uso de uma ferramenta visual para identificar e compreender nichos de pesquisa nesta área de conhecimento.

O modelo Surya, e os componentes de sua arquitetura SuryaApp, SuryaNode, SuryaAPI e SuryaServer, foram apresentados e detalhados. A apresentação dos atores partícipes de um ecossistema de mobilidade contou com a identificação de 49 serviços inteligentes sustentados pelo modelo. Apresenta-se uma ontologia para o domínio de conhecimentos dos serviços em ecossistemas de mobilidade, SuryaOnto. Esta ontologia socializa conceitos e amplia algumas ontologias conhecidas no domínio dos transportes.

A avaliação do modelo Surya se dá com a apresentação de dois serviços inteligentes direcionados a diferentes atores. O primeiro serviço, denominado OwlyHealth, é voltado ao suporte à saúde. Este serviço faz uso de históricos de contextos das entidades presentes em um ecossistema de mobilidade com o objetivo de identificar potenciais exposições a agentes infecto-contagiosos, e assim, promover ações de saúde. O segundo serviço é denominado OwlyPredict tem cunho genérico e faz uso de históricos de contextos para prever a ocupação de espaços.

Os dados obtidos para avaliação destes serviços são oriundos de um ambiente computacional que simula o comportamento de trânsito em horário de intenso tráfego matinal da cidade de Bologna, Itália. Este cenário foi escolhido por ser um cenário validado e representar um complexo ecossistema de mobilidade urbana.

As principais contribuições deste estudo são:

- Oferecer um mapeamento sistemático centrado na oferta de serviços inteligentes em

veículos que identifica *clusters* de pesquisa e incorpora uma etapa visual em seu protocolo de seleção de artigos;

- Apresentar uma ontologia para coletar, armazenar e compartilhar dados e históricos de contextos originados nas interações dos atores de um ecossistema de mobilidade;
- Identificar atores de um ecossistema de mobilidade e mapear serviços inteligentes relevantes;
- Definir um modelo computacional que faça uso de históricos de contextos de agentes em um ecossistema de mobilidade a fim de suportar a oferta de serviços inteligentes;

A utilização do modelo Surya poderá impactar de forma positiva os atores de um ecossistema de mobilidade. Os serviços inteligentes disponíveis podem motivá-los a investir em experiências personalizadas tanto em veículos quanto em espaços. Apoiar a oferta de serviços inteligentes de suporte à mobilidade urbana - indispensáveis nas cidades inteligentes e conectadas - é incentivar a aproximação entre empresas e instituições de ensino e pesquisa - catalisadores da inovação.

6.1 Limitações e sugestões para desdobramentos futuros

O desenvolvimento de um modelo computacional, como toda produção autoral, está sujeito ao viés do pesquisador, logo é possível que alguns pontos tenham sido inadvertidamente menosprezados em detrimento a outros, portanto passíveis de discussão.

A concepção dos serviços utilizados para avaliar o modelo Surya priorizaram demonstrar a generalidade do modelo, considerando uma visão de aplicabilidade da solução, talvez esta decisão tenha impactado o alcance destes serviços. Essa limitação poderia ter sido minimizada com a apresentação dos resultados obtidos aos potenciais usuários destes serviços, algo que não foi planejado neste estudo.

Muito embora o cenário Bologna seja validado, a origem das configurações inicialmente utilizadas sejam recentes (SCHWEIZER et al., 2021) e tenham sido realizados ajustes nas configurações para reforçar a característica estocástica da simulação; é sabido que os dados obtidos e utilizados na apresentação dos serviços refletem uma realidade simulada isso, muito embora não invalide o modelo, pode limitar a generalização dos conhecimentos desenvolvidos.

A produção de conhecimento associada a esta área de pesquisa tem muito espaço. Oportunidades de desdobramentos futuros foram coletadas e poderão incentivar outras pesquisas:

- Replicar este estudo em um ecossistema real, mesmo que pequeno, poderia fomentar comparações, novas pesquisas, discussões e reflexões;

- O uso de histórico de contextos em desafios associados a gestão de trânsito dinâmica e inteligente surgiu como uma lacuna pouco explorada na atualização dos trabalhos relacionados, isso pode ser uma oportunidade de expandir o modelo Surya para este domínio;
- Implementar um ambiente computacional de suporte ao modelo permitiria avaliar o Surya com uma ótica tecnológica;
- O desenvolvimento de sistemas multiagentes que façam uso da SuryaOnto podem produzir resultados e aplicações inovadoras;
- Expandir os serviços de previsão de ocupação de espaços com o uso de outros modelos computacionais além do ARIMA/SARIMA pode apontar resultados mais expressivos nestas previsões. Testes iniciais realizados com LSTM¹ apresentaram resultados insatisfatórios;
- Foram apresentados 49 serviços inteligentes suportados pelo Surya, certamente esta lista pode ser estendida para considerar particularidades e cenários atípicos e assim complementar a oferta destes serviços;
- Uma pesquisa multidisciplinar e conjunta que envolva diferentes áreas do conhecimento e conte com a participação efetiva de atores de um ecossistema de mobilidade poderia alçar luz sobre outros desafios.

Por fim, uma possibilidade apontada ainda quando esta tese era uma proposta, permanece em aberto propondo o uso do modelo Surya no suporte a um conceito de Histórico de Contextos como Serviço / *Context History as a Service* (CHaaS) e assim abrir um novo ramo de aplicações e estudos.

6.2 Publicações

Ao longo desta jornada alguns artigos foram originados. Uma versão inicial do mapeamento sistemático apresentado no capítulo 3 foi aceita e apresentada no XXIV Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web - WEBMEDIA, sob o título de *Research Clusters of Ubiquitous Intelligent Services to Vehicular Users* (GOMES; BARBOSA, 2018). Uma versão estendida e aprimorada deste foi publicada pela revista *Interacting with Computers*, sob o título de *Ubiquitous Intelligent Services to Vehicular Users: a Systematic Mapping* (GOMES et al., 2019a).

Além das publicações diretamente relacionadas ao tema desta tese, outras duas publicações correlatas foram produzidas: *Simulation as a Tool to Mitigate Effort Estimation Risk*

¹ *Long short-term memory* é uma arquitetura de rede neural recorrente artificial utilizada em *deep learning*, seu diferencial está em suas conexões de retorno (*feedback*) que lhe conferem vantagens no processamento de dados com dependências longas (HOCHREITER; SCHMIDHUBER, 1997).

in Software Projects foi publicada pela revista IEEE Latin America Transactions (GOMES et al., 2019b) e *A Tailor-Made Manufacturing Information System Under Shop-Floor Operators Perspective* foi publicada no Int. J. of Business Information Systems (GOMES; BARBOSA; BANDEIRA, 2020). A primeira publicação explora o uso de algoritmos de simulação na mitigação de riscos; enquanto a segunda publicação explora análises estatísticas multivariadas (PCA, *Cluster*, Regressão linear múltipla e análise discriminante) na compreensão de fatores de aceitação e uso de tecnologias.

REFERÊNCIAS

- ABBOSH, O. et al. *Breaking Through Disruption*. Accenture, 2019. Disponível em: <https://www.accenture.com/_acnmedia/Thought-Leadership-Assets/PDF/Accenture-Breaking-Through-Disruption-Embrace-the-Power-of-the-Wise-Pivot.pdf>.
- ABECH, M. et al. A model for learning objects adaptation in light of mobile and context-aware computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, v. 20, n. 2, p. 167–184, Apr 2016. ISSN 1617-4917. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00779-016-0902-3>>.
- ABOWD, G. D. What next, ubicomp?: Celebrating an intellectual disappearing act. In: *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Ubiquitous Computing*. New York, NY, USA: ACM, 2012. (UbiComp '12), p. 31–40. ISBN 978-1-4503-1224-0.
- ADELI, V. et al. Socially and contextually aware human motion and pose forecasting. *IEEE Robotics and Automation Letters*, v. 5, n. 4, p. 6033–6040, 2020.
- AHMED, M.; ANJOMSHOAA, A.; TJOA, A. M. Context-based privacy management of personal information using semantic desktop: SemanticLIFE case study. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services, iiWAS 2008*. New York, NY, USA: ACM, 2008. (iiWAS '08), p. 214–221. ISBN 9781605583495 (ISBN). Disponível em: <<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-70349241900>>.
- ALVAREZ, I.; LÓPEZ-DE-IPÍÑA, M. K.; GILBERT, J. E. The voice user help, a smart vehicle assistant for the elderly. In: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2012. (UCAmI'12, v. 7656 LNCS), p. 314–321. ISBN 9783642353765. ISSN 03029743.
- ANDRADE, T. L. de; RIGO, S. J.; BARBOSA, J. L. V. Active methodology, educational data mining and learning analytics: A systematic mapping study. *Informatics in Education*, Vilnius University Institute of Data Science and Digital Technologies, v. 20, n. 2, p. 171–204, 2021. ISSN 1648-5831.
- ANGERMANN, M.; FIEBIG, U.-C.; ROBERTSON, P. Towards unconstrained mobility [intelligent transportation systems]. In: *Proceedings - 2001 Symposium on Applications and the Internet Workshops, SAINT 2001*. [S.l.: s.n.], 2001. p. 177–182.
- ATASOY, B. et al. The concept and impact analysis of a flexible mobility on demand system. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, v. 56, p. 373–392, 2015. ISSN 0968-090X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X15001503>>.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: A survey. *Computer Networks*, v. 54, n. 15, p. 2787 – 2805, 2010. ISSN 1389-1286.
- BANKS, J. et al. *Discrete-Event System Simulation*. 5. ed. London: Pearson, 2014.
- BARBOSA, A. S. Mobilidade urbana para pessoas com deficiência no Brasil: um estudo em blogs. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, scielo, v. 8, p. 142 – 154, 04 2016. ISSN 2175-3369.

BARBOSA, D. N. F. et al. Em direção a educação ubíqua: aprender sempre, em qualquer lugar, com qualquer dispositivo. *RENOTE*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v. 6, n. 2, dez. 2008.

BARBOSA, J. et al. Trailcare: An indoor and outdoor context-aware system to assist wheelchair users. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 116, p. 1 – 14, 2018. ISSN 1071-5819. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581918301381>>.

BARBOSA, J. L. V. Ubiquitous computing: Applications and research opportunities. In: *2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research (ICIC)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–8.

BARBOSA, J. L. V. et al. Trailtrade: A model for trail-aware commerce support. *Computers in Industry*, v. 80, n. Supplement C, p. 43 – 53, 2016. ISSN 0166-3615. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361516300641>>.

BARTON, R. R. Simulation optimization using metamodels. In: *Proceedings of the Winter Simulation Conference*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 230–238.

BAVARESCO, R. et al. Design and evaluation of a context-aware model based on psychophysiology. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, v. 189, p. 105299, 2020. ISSN 0169-2607. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169260719317122>>.

BAYKASOĞLU, A. et al. An integrated fleet planning model with empty vehicle repositioning for an intermodal transportation system. *Operational Research*, Springer Science and Business Media LLC, apr 2021.

BAZZI, A. et al. A hardware-in-the-loop evaluation of the impact of the v2x channel on the traffic-safety versus efficiency trade-offs. In: *2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 1–5.

BECKER, M. et al. Approaching ambient intelligent home care systems. In: *2006 Pervasive Health Conference and Workshops*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 1–10. ISSN 2153-1633.

BENVENUTO, D. et al. Application of the arima model on the covid-2019 epidemic dataset. *Data in Brief*, v. 29, p. 105340, 2020. ISSN 2352-3409. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352340920302341>>.

BIEKER, L. et al. Traffic simulation for all: A real world traffic scenario from the city of bologna. In: BEHRISCH, M.; WEBER, M. (Ed.). *Modeling Mobility with Open Data*. Cham: Springer International Publishing, 2015. p. 47–60. ISBN 978-3-319-15024-6.

BRASIL. *Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 10 de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências*. Brasília: Diário oficial da união. [S.l.], 3 de janeiro de 2012.

BRITANNICA. *Encyclopedia Britannica*. 2018. Disponível em: <<https://www.britannica.com/topic/Surya>>.

- BUCCHIARONE, A. et al. Autonomous shuttle-as-a-service (asaas): Challenges, opportunities, and social implications. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 22, n. 6, p. 3790–3799, 2021.
- BUTLER, L.; YIGITCANLAR, T.; PAZ, A. Smart urban mobility innovations: A comprehensive review and evaluation. *IEEE Access*, v. 8, p. 196034–196049, 2020.
- BÉHAR, A. H.; LEÃO, A. L. M. S. O que diz a imprensa pernambucana a respeito do programa estadual de mobilidade urbana (promob)? *Administração Pública e Gestão Social*, v. 8, n. 2, p. 104–118, 2016. ISSN 2175-5787. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/41360/o-que-diz-a-imprensa-pernambucana-a-respeito-do-programa-estadual-de-mobilidade-urbana--promob-->>.
- CACERES, R.; FRIDAY, A. Ubicomp systems at 20: Progress, opportunities, and challenges. *IEEE Pervasive Computing*, v. 11, n. 1, p. 14–21, January 2012. ISSN 1536-1268.
- CARDOSO, I. G. et al. Vulcanus: A recommender system for accessibility based on trails. In: *2015 Latin American Computing Conference (CLEI)*. [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–12.
- CHAN, C.-Y. Connected vehicles in a connected world. In: *Proceedings of 2011 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test, VLSI-DAT 2011*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 43–46.
- CHATTERJEE, A. et al. Classification of wearable computing: A survey of electronic assistive technology and future design. In: *2016 Second International Conference on Research in Computational Intelligence and Communication Networks (ICRCICN)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 22–27.
- CHATZIOANOU, A. Intelligent transportation systems for a sustainable city. In: Marchettini, N and Brebbia, CA and Tiezzi, E and Wadhwa, LC (Ed.). *SUSTAINABLE CITY III: URBAN REGENERATION AND SUSTAINABILITY*. ASHURST LODGE, SOUTHAMPTON SO40 7AA, ASHURST, ENGLAND: WIT PRESS, 2004. (ADVANCES IN ARCHITECTURE SERIES, v. 18), p. 615–621. ISBN 1-85312-720-5. ISSN 1368-1435.
- CHAVHAN, S. et al. Iot-based context-aware intelligent public transport system in a metropolitan area. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 7, n. 7, p. 6023–6034, 2020.
- CHEN, C. et al. An intelligent platooning algorithm for sustainable transportation systems in smart cities. *IEEE Sensors Journal*, v. 21, n. 14, p. 15437–15447, 2021.
- CHEN, X.; TAN, T.; CAO, G. Energy-aware and context-aware video streaming on smartphones. *Proceedings - International Conference on Distributed Computing Systems*, v. 2019-July, p. 861–870, 2019.
- CHEREDNIAKOVA, A.; LOBODENKO, L.; LYCHAGINA, I. A study of advertising content in digital communications: the experience of applying neuromarketing and traditional techniques. In: *2021 Communication Strategies in Digital Society Seminar (ComSDS)*. [S.l.: s.n.], 2021. p. 9–13.
- CHEUNG, Y.-W.; LA, K. Lag order and critical values of the augmented dickey-fuller test. *Journal of Business and Economic Statistics*, v. 13, n. 3, p. 277 – 280, 1995. Cited by: 252. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84953097050&doi=10.1080\%2f07350015.1995.10524601&partnerID=40&md5=af057a04d742a17be3621ad196767c9f>>.

CHMIEL, W. et al. INSIGMA: an intelligent transportation system for urban mobility enhancement. *Multimed. Tools Appl.*, Springer Science and Business Media LLC, v. 75, n. 17, p. 10529–10560, set. 2016.

CIRILLO, F. et al. Smart city iot services creation through large-scale collaboration. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 7, n. 6, p. 5267–5275, 2020.

CNT. *Anuário CNT do Transporte 2020*. [S.l.], 2020. Disponível em: <<http://anuariodotransporte.cnt.org.br/2020/>>.

CONSOLE, L. et al. Adaptation and personalization on board cars: A framework and its application to tourist services. In: *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2002. (AH '02, v. 2347 LNCS), p. 112–121. ISBN 3540437371 | 9783540437376. ISSN 03029743 16113349. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=647458.728229>>.

CONSOLE, L. et al. Personalized and adaptive services on board a car: An application for tourist information. *Journal of Intelligent Information Systems*, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA, v. 21, n. 3, p. 249–284, 2003. ISSN 09259902. Disponível em: <<https://doi.org/10.1023/A:1025506816422>>.

COOPER, I. D. What is a “mapping study?”. *Journal of the Medical Library Association : JMLA*, Medical Library Association, 65 East Wacker Place, Suite 1900, Chicago, IL 60601-7246, v. 104, n. PMC4722648, p. 76–78, jan. 2016. ISSN 1558-9439. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4722648/>>.

COULIBALY, M. et al. A live smart parking demonstrator: Architecture, data flows, and deployment. *Energies*, MDPI AG, v. 14, n. 7, p. 1827, mar. 2021.

CUDDIHEY, A. et al. *Orchestrating a Mobility Ecosystem*. Accenture, 2019. Disponível em: <https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-109/Accenture-1908-BR-Rail-Transit-POV-RGB-Single-57149.pdf>.

CUI, Y. P.; TANG, Z. M.; WU, X. Conception and design of intelligent traveler information systems. In: Chen, J (Ed.). *SERVICE SYSTEMS AND SERVICE MANAGEMENT - PROCEEDINGS OF ICSSSM '04, VOLS 1 AND 2*. UNIT 1205, 12 FLOOR, SINO PLAZA, 255 GLOUCESTER ROAD, HONG KONG 00000, CAUSEWAY BAY, PEOPLES R CHINA: INTERNATIONAL ACADEMIC PUBLISHERS LTD, 2004. p. 341–345. ISBN 7-5062-6821-3.

DANASSIS, P. et al. Putting ridesharing to the test: efficient and scalable solutions and the power of dynamic vehicle relocation. *Artificial Intelligence Review*, 2022. ISSN 1573-7462. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10462-022-10145-0>>.

DARWISH, S. M. Empowering vehicle tracking in a cluttered environment with adaptive cellular automata suitable to intelligent transportation systems. *IET Intell. Transp. Syst.*, v. 11, n. 2, p. 84–91, mar. 2017.

DAVID, B. et al. User-oriented system for smart city approaches. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, Elsevier, v. 12, n. PART 1, p. 333–340, 2013. ISSN 14746670. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474667016330853>>.

- DAVIES, N.; CLINCH, S. Pervasive data science. *IEEE Pervasive Computing*, v. 16, n. 3, p. 50–58, 2017. ISSN 1536-1268.
- DEY, A. K. Understanding and using context. *Pers. Ubiquitous Comput.*, v. 5, p. 4–7, 02 2001.
- DISTEFANO, S.; GIACOMO, A. D.; MAZZARA, M. Trustworthiness for transportation ecosystems: The blockchain vehicle information system. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 22, n. 4, p. 2013–2022, 2021.
- DIÓGENES, K. C. A. et al. Perspectivas de mobilidade urbana sustentável e a adesão ao modo cicloviário. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, v. 11, n. 1, p. 21–37, 2017. ISSN 1981-982X. Disponível em: <<http://www.spell.org.br/documentos/ver/44991/perspectivas-de-mobilidade-urbana-sustentavel-e-a-adesao-ao-modo-cicloviario>>.
- ECK, N. J. V.; WALTMAN, L. Software survey: Vosviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, v. 80.2, n. PMC4722648, p. 523 – 538, 2010.
- ECK, N. J. van et al. Visualizing the computational intelligence field [application notes]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, v. 1, n. 4, p. 6–10, Nov 2006. ISSN 1556-603X.
- FATTAH, J. et al. Forecasting of demand using arima model. *International Journal of Engineering Business Management*, v. 10, p. 1847979018808673, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/1847979018808673>>.
- FAVELA, J. Pervasive technologies for perception change. *IEEE Pervasive Computing*, v. 16, n. 3, p. 78–81, 2017. ISSN 1536-1268.
- FERSCHA, A. et al. Context-aware profiles. In: *International Conference on Autonomic and Autonomous Systems (ICAS'06)*. [S.l.: s.n.], 2006. p. 48–48.
- FILIPPETTO, A. S.; LIMA, R.; BARBOSA, J. L. V. A risk prediction model for software project management based on similarity analysis of context histories. *Information and Software Technology*, v. 131, p. 106497, 2021. ISSN 0950-5849. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584920302391>>.
- FISCHER, P.; NÜRNBERGER, A. myCOMAND automotive user interface: Personalized interaction with multimedia content based on fuzzy preference modeling. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 6075 LNCS, p. 315–326, 2010. ISSN 03029743.
- FISTOLA, R.; RAIMONDO, M.; ROCCA, R. A. L. The smart city and mobility: The functional polarization of urban flow. In: *2017 5th IEEE International Conference on Models and Technologies for Intelligent Transportation Systems (MT-ITS)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 532–537.
- FLÜGGE, B. The smart mobility ecosystem. In: *Smart Mobility – Connecting Everyone*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2017. p. 75–95.
- FUGATE, D. L. Neuromarketing: a layman's look at neuroscience and its potential application to marketing practice. *Journal of Consumer Marketing*, Emerald Group Publishing Limited, v. 24, n. 7, p. 385–394, 2007.
- GARIJO, D. Widoco: a wizard for documenting ontologies. In: SPRINGER, CHAM. *International Semantic Web Conference*. 2017. p. 94–102. Disponível em: <<http://dgarijo.com/papers/widoco-iswc2017.pdf>>.

GENA, C.; TORRE, I. The importance of adaptivity to provide onboard services: A preliminary evaluation of an adaptive tourist information service onboard vehicles. *APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE*, TAYLOR & FRANCIS INC, 530 WALNUT STREET, STE 850, PHILADELPHIA, PA 19106 USA, v. 18, n. 6, p. 549–580, jul 2004. ISSN 0883-9514.

GLOVA, B.; MUDRYK, I. Application of deep learning in neuromarketing studies of the effects of unconscious reactions on consumer behavior. In: *2020 IEEE Third International Conference on Data Stream Mining Processing (DSMP)*. [S.l.: s.n.], 2020. p. 337–340.

GOMES, J.; BARBOSA, J. L. V.; BANDEIRA, D. L. A tailor-made manufacturing information system from shop-floor operators' perspective. *Int. J. Bus. Inf. Syst.*, Inderscience Publishers, v. 1, n. 1, p. 1, 2020.

GOMES, J. Z.; BARBOSA, J. L. V. Research clusters of ubiquitous intelligent services to vehicular users. In: *Anais do XXIV Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web*. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018. p. 65–68. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia/article/view/4555>>.

GOMES, J. Z. et al. Ubiquitous intelligent services for vehicular users: A systematic mapping. *Interacting with Computers*, Oxford University Press (OUP), 2019.

GOMES, J. Z. et al. A strategy using continuous simulation to mitigate effort estimation risks in software projects. *IEEE Latin America Transactions*, v. 17, n. 08, p. 1390–1398, 2019.

GONG, Z. et al. Researches on domain ontology-based personalized information retrieval in military transportation. In: *Proceedings - 2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications, IWECA 2014*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 496–498.

GOTO, K.; KAMBAYASHI, Y. Study on mobile passenger support systems for public transportation using multi-channel data dissemination. In: *Digital Cities II: Computational and Sociological Approaches*. London, UK, UK: Springer-Verlag, 2002. v. 2362, p. 317–330. ISBN 3-540-43963-3. ISSN 0302-9743. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=646700.701690>>.

GREINACHER, S. et al. Multi-objective optimization of lean and resource efficient manufacturing systems. *Production Engineering*, v. 14, n. 2, p. 165–176, 2020. ISSN 1863-7353. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11740-019-00945-9>>.

GRUBER, T. R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199 – 220, 1993. ISSN 1042-8143. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1042814383710083>>.

GUARINO, N. Formal ontology in information systems. In: *Proceedings of the 1 International Conference*. Trento, Italy: IOS Press, Amsterdam, The Netherlands, 1998. p. 3–15.

GUEDES, G. *UML 2 - Uma Abordagem Prática*. Novatec Editora, 2018. ISBN 9788575226445. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=mJxMDwAAQBAJ>>.

GUO, M.; PISSINOU, N.; IYENGAR, S. S. Privacy-aware mobile sensing in vehicular networks. In: *2016 International Conference on Computing, Networking and Communications, ICNC 2016*. [S.l.: s.n.], 2016.

- GUTIÉRREZ-SALCEDO, M. et al. Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. *Applied Intelligence*, Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA, v. 48, n. 5, p. 1275–1287, maio 2018. ISSN 0924-669X. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10489-017-1105-y>>.
- HAMIDI, S.; HAMIDI, I. Subway ridership, crowding, or population density: Determinants of covid-19 infection rates in new york city. *American Journal of Preventive Medicine*, v. 60, n. 5, p. 614–620, 2021. ISSN 0749-3797. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0749379721000593>>.
- HAMZA-LUP, G. L. et al. Dynamic plan generation and real-time management techniques for traffic evacuation. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), v. 9, n. 4, p. 615–624, dez. 2008.
- HARRISON, C. et al. Foundations for smarter cities. *IBM Journal of Research and Development*, v. 54, n. 4, p. 1–16, 2010.
- HE, Y. et al. Visualization analysis of intelligent vehicles research field based on mapping knowledge domain. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 22, n. 9, p. 5721–5736, 2021.
- HEERSMINK, R. et al. Bibliometric mapping of computer and information ethics. *Ethics and Inf. Technol.*, Kluwer Academic Publishers, Hingham, MA, USA, v. 13, n. 3, p. 241–249, set. 2011. ISSN 1388-1957. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s10676-011-9273-7>>.
- HOCHREITER, S.; SCHMIDHUBER, J. Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, v. 9, n. 8, p. 1735–1780, 11 1997. ISSN 0899-7667. Disponível em: <<https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>>.
- HORRIDGE, M. A practical guide to building owl ontologies using protégé 4 and co-ode tools edition 1.3. 03 2011.
- HÖSSINGER, R. et al. Development of a real-time model of the occupancy of short-term parking zones. *Int. j. intell. transp. syst. res.*, Springer Science and Business Media LLC, v. 12, n. 2, p. 37–47, maio 2014.
- HU, J. et al. Uav-assisted vehicular edge computing for the 6g internet of vehicles: Architecture, intelligence, and challenges. *IEEE Communications Standards Magazine*, v. 5, n. 2, p. 12–18, 2021.
- HU, J.; WANG, Y.; ZHANG, Y. IOHMM for location prediction with missing data. In: *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics, DSAA 2015*. [S.l.: s.n.], 2015.
- HU, X. et al. Health drive: Mobile healthcare onboard vehicles to promote safe driving. In: *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2015. (HICSS '15, v. 2015-March), p. 3074–3083. ISBN 9781479973675. ISSN 15301605. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109/HICSS.2015.371>>.
- HU, Y. L. et al. Toward fog-based event-driven services for internet of vehicles: Design and evaluation. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 10689 LNCS, p. 201–212, 2017. ISSN 16113349.

HU, Z.; GUO, F.; HOU, H. Mapping research spotlights for different regions in china. *Scientometrics*, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, v. 110, n. 2, p. 779–790, fev. 2017. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s11192-016-2175-z>>.

IQBAL, R. et al. Context-aware data-driven intelligent framework for fog infrastructures in internet of vehicles. *IEEE Access*, v. 6, p. 58182–58194, 2018. ISSN 21693536.

ITU, I. T. U. *Focus Group on Smart Sustainable Cities*. 2015. Disponível em: <<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>>.

JAKOB, F. et al. Risk-based testing of bluetooth functionality in an automotive environment. In: *Lecture Notes in Informatics (LNI), Proceedings - Series of the Gesellschaft für Informatik (GI)*. [s.n.], 2012. P-210, p. 211–228. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84874015850>>.

JUNG, Y. J. et al. Moving object query processing technique for recommendation service. *Advances in Intelligent and Soft Computing*, v. 116 AISC, n. VOL. 1, p. 937–945, 2012.

KASHEVNIK, A.; LASHKOV, I. Intelligent Driver Decision Support System in Vehicle Cabin: Reference Model for Dangerous Events Recognition and Learning. *IEEE International Conference on Control and Automation, ICCA*, v. 2019-July, p. 27–31, 2019. ISSN 19483457.

KESHAV, S. How to read a paper. *SIGCOMM Comput. Commun. Rev.*, ACM, New York, NY, USA, v. 37, n. 3, p. 83–84, jul. 2007. ISSN 0146-4833. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1273445.1273458>>.

KHOWAJA, S. A.; YAHYA, B. N.; LEE, S. L. CAPHAR: context-aware personalized human activity recognition using associative learning in smart environments. *Human-centric Computing and Information Sciences*, v. 10, n. 1, 2020. ISSN 21921962.

KIM, C. et al. Context-aware memory profiling for speculative parallelism. In: *2017 IEEE 24th International Conference on High Performance Computing (HiPC)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 328–337.

KIM, S.; LIM, J.; MOON, Y.-J. Field tests of context awareness public transit transfer information service (CPTIS) on intermodal station. In: *16th ITS World Congress*. [s.n.], 2009. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84954466877>>.

KIRIMTAT, A. et al. Future trends and current state of smart city concepts: A survey. *IEEE Access*, v. 8, p. 86448–86467, 2020.

KOLBE, N. et al. Towards semantic interoperability in an open iot ecosystem for connected vehicle services. In: *GIoTS 2017 - Global Internet of Things Summit, Proceedings*. [S.l.: s.n.], 2017.

LARENTIS, A. V. et al. Applied computing to education on noncommunicable chronic diseases: A systematic mapping study. *Telemedicine and e-Health*, Mary Ann Liebert Inc, fev. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1089/tmj.2018.0282>>.

LENZ, B.; HEINRICHS, D. What can we learn from smart urban mobility technologies? *IEEE Pervasive Computing*, v. 16, n. 2, p. 84–86, April 2017. ISSN 1536-1268.

- LI, W.; WOLINSKI, D.; LIN, M. C. City-scale traffic animation using statistical learning and metamodel-based optimization. *ACM Trans. Graph.*, Association for Computing Machinery (ACM), v. 36, n. 6, p. 1–12, nov. 2017.
- LI, X. et al. A multi-dimensional context-aware recommendation approach based on improved random forest algorithm. *IEEE Access*, v. 6, p. 45071–45085, 2018.
- LIAQAT, S. et al. Novel ensemble algorithm for multiple activity recognition in elderly people exploiting ubiquitous sensing devices. *IEEE Sensors Journal*, v. 21, n. 16, p. 18214–18221, 2021.
- LIMA, R. et al. Towards ubiquitous requirements engineering through recommendations based on context histories. *PeerJ Comput. Sci.*, PeerJ, v. 8, n. e794, p. e794, jan. 2022.
- LIU, S.-D.; MENG, X.-W. Approach to network services recommendation based on mobile users' location. *Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software*, v. 25, n. 11, p. 2556–2574, 2014.
- LONGO, A.; ZAPPATORE, M.; NAVATHE, S. B. The unified chart of mobility services: Towards a systemic approach to analyze service quality in smart mobility ecosystem. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, v. 127, p. 118–133, 2019. ISSN 0743-7315. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0743731519300097>>.
- LOPEZ, P. A. et al. Microscopic traffic simulation using sumo. In: *The 21st IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems*. IEEE, 2018. Disponível em: <<https://elib.dlr.de/124092/>>.
- MA, J.; ZHOU, F. Virtual dynamic message signs: a future mode for basic public traveller information. *IET Intell. Transp. Syst.*, Institution of Engineering and Technology (IET), v. 10, n. 7, p. 476–482, set. 2016.
- MAFFIOLA, D. et al. GOLIATH: A Decentralized Framework for Data Collection in Intelligent Transportation Systems. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2021. ISSN 15580016.
- MAHMOOD, A. et al. Mobility-aware edge caching for connected cars. In: *2016 12th Annual Conference on Wireless On-Demand Network Systems and Services, WONS 2016 - Conference Proceedings*. [s.n.], 2016. v. 2016-Janua, p. 57–64. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85013095397>>.
- MAHMOUD, E.; KADER, H. M. A.; MINAAM, D. S. A. Fuzzy knowledge base system for floating car data on sumo. In: *2019 29th International Conference on Computer Theory and Applications (ICCTA)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 38–42.
- MALLICK, D. *Interpreting ACF or Auto-correlation plot*. 2020. Medium. Disponível em: <<https://medium.com/analytics-vidhya/interpreting-acf-or-auto-correlation-plot-d12e9051cd14>>. Acesso em: 21 nov 2021.
- MANDAL, S.; ROY, S. K. Linked open data: Foaf-enabled graph visualization. *Chinese Librarianship*, n. 45, 2018.
- MARTINI, B. G. et al. Indoorplant: A model for intelligent services in indoor agriculture based on context histories. *Sensors*, v. 21, n. 5, 2021. ISSN 1424-8220. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/21/5/1631>>.

MARTINS, M. G. et al. Delfos: A model for multitemporal analysis based on contexts history. *IEEE Latin America Transactions*, v. 19, n. 9, p. 1478–1485, 2021.

MATOS, C. M. et al. Towards a collaborative model to assist people with disabilities and the elderly people in smart assistive cities. *JUCS - Journal of Universal Computer Science*, Journal of Universal Computer Science, v. 27, n. 1, p. 65–86, 2021. ISSN 0948-695X. Disponível em: <<https://doi.org/10.3897/jucs.64591>>.

MCAFEE, A.; BRYNJOLFSSON, E. Big data: The management revolution. *HARvard Business Review*, oct 2012.

MENOUAR, H. et al. Uav-enabled intelligent transportation systems for the smart city: Applications and challenges. *IEEE Communications Magazine*, v. 55, n. 3, p. 22–28, 2017.

MINH, Q. T.; KAMIOKA, E.; YAMADA, S. CFC-ITS: Context-Aware Fog Computing for Intelligent Transportation Systems. *IT Professional*, v. 20, n. 6, p. 35–44, 2018. ISSN 1941045X.

MIYANISHI, T.; MAEKAWA, T.; KAWANABE, M. Sim2realqa: Using life simulation to solve question answering real-world events. *IEEE Access*, v. 9, p. 75003–75020, 2021.

MOHANTY, S. P.; CHOPPALI, U.; KOUGIANOS, E. Everything you wanted to know about smart cities: The internet of things is the backbone. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, v. 5, n. 3, p. 60–70, 2016.

MOSKVITCH, K. *Can a city ever be traffic jam-free?* 2014. Disponível em: <<http://www.bbc.com/future/story/20140611-can-we-ever-end-traffic-jams>>.

MUKHEJA, P. et al. Smartphone-based crowdsourcing for position estimation of public transport vehicles. *IET Intell. Transp. Syst.*, Institution of Engineering and Technology (IET), v. 11, n. 9, p. 588–595, nov. 2017.

MÁRQUEZ-CHAMORRO, A. E. et al. Context-aware process performance indicator prediction. *IEEE Access*, v. 8, p. 222050–222063, 2020.

NAKAMURA, H. et al. Adaptive user interface agent for personalized public transportation recommendation system: PATRASH. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 8861, p. 238–245, 2014. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84910137084>>.

NARAYANAN, V. et al. Enabling location based services for hyperlocal marketing in connected vehicles. In: *2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo, ICCVE 2014 - Proceedings*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 12–13.

NEIROTTI, P. et al. Current trends in smart city initiatives: Some stylised facts. *Cities*, v. 38, n. Supplement C, p. 25 – 36, 2014. ISSN 0264-2751. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275113001935>>.

NEOGI, S. et al. Context model for pedestrian intention prediction using factored latent-dynamic conditional random fields. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, v. 22, n. 11, p. 6821–6832, 2021.

NOBLE, A. M.; DINGUS, T. A.; DOERZAPH, Z. R. Influence of invehicle adaptive stop display on driving behavior and safety. *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, v. 17, n. 10, p. 2767–2776., out. 2016.

NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. *Knowledge Systems Laboratory*, 2001.

OLAVERRI-MONREAL, C.; JIZBA, T. Human factors in the design of human-machine interaction: An overview emphasizing v2x communication. *IEEE Transactions on Intelligent Vehicles*, v. 1, n. 4, p. 302–313, Dec 2016. ISSN 2379-8858.

OMS, O. M. d. S. *Global status report on road safety 2018*. Geneva, Switzerland, 2018. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/277370/WHO-NMH-NVI-18.20-eng.pdf>>.

OMS, O. M. d. S. *Update on SARS-CoV-2 variant of concern Omicron*. Geneva, Switzerland, 2022. Disponível em: <https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/risk-comms-updates/update72_update-omicron-.pdf>.

OXFORD. *English Oxford Living Dictionaries*. 2018. Disponível em: <<https://en.oxforddictionaries.com/definition/surya>>.

PARODI, A. et al. An IoT approach for the connected vehicle. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST*, v. 170, p. 158–161, 2016. ISSN 18678211.

PARUNDEKAR, R.; OGUCHI, K. Learning driver preferences of POIs using a semantic web knowledge system. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 7295 LNCS, p. 703–717, 2012. ISSN 03029743.

PASE, F. et al. Bike sharing and urban mobility in a post-pandemic world. *IEEE Access*, v. 8, p. 187291–187306, 2020.

PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and Software Technology*, v. 64, p. 1–18, 2015. ISSN 0950-5849. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950584915000646>>.

PETTICREW, M.; ROBERTS, H. *Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide*. Wiley, 2008. ISBN 9781405150149. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=ZwZ1_xU3E80C>.

PINTO, M. Viewing and exploring the subject area of information literacy assessment in higher education (2000—2011). *Scientometrics*, Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, v. 102, n. 1, p. 227–245, jan. 2015. ISSN 0138-9130. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-014-1440-2>>.

POVEDA-VILLALÓN, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; SUÁREZ-FIGUEROA, M. C. OOPS! (Ontology Pitfall Scanner!): An On-line Tool for Ontology Evaluation. *International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS)*, IGI Global, v. 10, n. 2, p. 7–34, 2014.

POVEDA-VILLALÓN, M. A reuse-based lightweight method for developing linked data ontologies and vocabularies. In: _____. *Algorithms and Discrete Applied Mathematics*. [S.l.]: Algorithms and Discrete Applied Mathematics, 2012. p. 833–837.

POVEDA-VILLALÓN, M.; FERNÁNDEZ-IZQUIERDO, A.; GARCÍA-CASTRO, R. *Linked Open Terms (LOT) Methodology*. Zenodo, 2019. Disponível em: <<https://lot.linkeddata.es>>.

- QUINTAS, J.; MENEZES, P.; DIAS, J. Information model and architecture specification for context awareness interaction decision support in cyber-physical human - machine systems. *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, v. 47, n. 3, p. 323–331, June 2017. ISSN 2168-2291.
- RAEES, M. et al. Context-Aware Services Using MANETs for Long-Distance Vehicular Systems: A Cognitive Agent-Based Model. *Scientific Programming*, v. 2021, 2021. ISSN 10589244.
- RAMJI, A.; VENUGOPAL, S. Creating a sustainable mobility ecosystem in india: Vision 2030. In: *2019 IEEE Transportation Electrification Conference (ITEC-India)*. [S.l.: s.n.], 2019. p. 1–6.
- REHENA, Z.; JANSSEN, M. Towards a Framework for Context-Aware Intelligent Traffic Management System in Smart Cities. *The Web Conference 2018 - Companion of the World Wide Web Conference, WWW 2018*, p. 893–898, 2018.
- RHIU, I. et al. Research Issues in Smart Vehicles and Elderly Drivers: A Literature Review. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Taylor and Francis Inc., v. 31, n. 10, p. 635–666, 2015. ISSN 10447318.
- ROCKART, J. Chief executives define their own information needs. *Harvard Business Review*, v. 57, n. 2, p. 81–93, oct 1979.
- ROSA, J. H. et al. A multi-temporal context-aware system for competences management. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 25, n. 4, p. 455–492, Dec 2015. ISSN 1560-4306.
- ROSA, J. H. da; BARBOSA, J. L.; RIBEIRO, G. D. Oracon: An adaptive model for context prediction. *Expert Systems with Applications*, v. 45, n. Supplement C, p. 56 – 70, 2016. ISSN 0957-4174. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417415006302>>.
- ROSADI, S. D.; SUHARDI; KRISTYAN, S. A. Privacy challenges in the application of smart city in Indonesia. In: *2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*. IEEE, 2017. p. 405–409. ISBN 978-1-5386-3100-3. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8267978/>>.
- SADOUN, B.; AL-BAYARI, O. LBS and GIS technology combination and applications. In: IEEE; ACS. *2007 IEEE/ACS INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SYSTEMS AND APPLICATIONS, VOLS 1 AND 2*. 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA: IEEE, 2007. (International Conference on Computer Systems and Applications), p. 578+. ISBN 978-1-4244-1030-9. ISSN 2161-5322.
- SADOUN, B.; AL-BAYARI, O. Location based services using geographical information systems. *Computer Communications*, Elsevier Science Publishers B. V., Amsterdam, The Netherlands, The Netherlands, v. 30, n. 16, p. 3154–3160, 2007. ISSN 01403664. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2007.05.059>>.
- SAHA, A.; CHAKI, R. VAMI - A novel architecture for vehicular ambient intelligent system. *Communications in Computer and Information Science*, v. 245 CCIS, p. 55–64, 2011. ISSN 18650929.
- SANTOS, J. V. C. *Modelagem e Simulação - Slides*. [S.l.], 2018.

- SANTOS, M. A. E. D. *Applying neuroscience to business practice*. [S.l.]: Business Science Reference/IGI Global, 2017.
- SAP. *Standardized Technical Architecture Modeling*. 2007. Disponível em: <http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM_Standard.pdf>. Acesso em: 04 Jun 2018.
- SATYANARAYANAN, M. Pervasive computing: vision and challenges. *IEEE Personal Communications*, v. 8, n. 4, p. 10–17, Aug 2001. ISSN 1070-9916.
- SCHRIBER, T. J. *Simulation Using GPSS*. New York, NY: Wiley, 1974.
- SCHWEIZER, J. et al. Building a large-scale micro-simulation transport scenario using big data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, v. 10, n. 3, 2021. ISSN 2220-9964. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2220-9964/10/3/165>>.
- SEJWAL, V. K.; ABULAISH, M.; JAHIRUDDIN. Crecsys: A context-based recommender system using collaborative filtering and lod. *IEEE Access*, v. 8, p. 158432–158448, 2020.
- SENARATNE, H. et al. Urban mobility analysis with mobile network data: A visual analytics approach. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, PP, n. 99, p. 1–10, 2017. ISSN 1524-9050.
- SHADBOLT, N.; BERNERS-LEE, T.; HALL, W. The semantic web revisited. *IEEE Intelligent Systems*, v. 21, p. 96–101, 2006.
- SIEGEL, J. E.; ERB, D. C.; SARMA, S. E. A survey of the connected vehicle landscape—architectures, enabling technologies, applications, and development areas. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, PP, n. 99, p. 1–16, 2017. ISSN 1524-9050.
- SIGG, S.; HASELOFF, S.; DAVID, K. An alignment approach for context prediction tasks in ubicomp environments. *IEEE Pervasive Computing*, v. 9, n. 4, p. 90–97, October 2010. ISSN 1536-1268.
- SILVA, J. M. et al. Content distribution in trail-aware environments. *Journal of the Brazilian Computer Society*, v. 16, n. 3, p. 163–176, Sep 2010. ISSN 1678-4804.
- SIMPSON, C. et al. *Mobility 2030: Transforming the mobility landscape*. KPMG, 2019. Disponível em: <<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/xx/pdf/2019/02/mobility-2030-transforming-the-mobility-landscape.pdf>>.
- SONG, X. et al. DeepMob: Learning deep knowledge of human emergency behavior and mobility from big and heterogeneous data. *ACM Trans. Inf. Syst.*, v. 35, n. 4, p. 41, 2017.
- STORK, A. et al. Towards interactive simulation in automotive design. *The Visual Computer*, v. 24, n. 11, p. 947–953, 2008. ISSN 1432-2315. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s00371-008-0274-4>>.
- SUBRAMANYAM, M.; ASHWATH KUMAR, K. N. RLTS: Recommendation for local transportation system using Ambient Intelligence. In: *2015 International Conference on Emerging Research in Electronics, Computer Science and Technology, ICERECT 2015*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 65–69.

- SUEBSOMBUT, P. et al. The using of bibliometric analysis to classify trends and future directions on 'smart farm'. In: *2017 International Conference on Digital Arts, Media and Technology (ICDAMT)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 136–141.
- SUMALEE, A.; HO, H. W. Smarter and more connected: Future intelligent transportation system. *IATSS res.*, Elsevier BV, v. 42, n. 2, p. 67–71, jul. 2018.
- SUN, L. et al. Dramatic uneven urbanization of large cities throughout the world in recent decades. *Nature Communications*, v. 11, n. 1, p. 5366, 2020. ISSN 2041-1723. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-19158-1>>.
- TALEBKHAH, M. et al. Iot and big data applications in smart cities: Recent advances, challenges, and critical issues. *IEEE Access*, v. 9, p. 55465–55484, 2021.
- TANAKA, M.; KIMATA, T.; ARAI, T. Estimation of passenger origin-destination matrices and efficiency evaluation of public transportation. In: *2016 5th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1146–1150.
- TIAN, Q.; LIN, Y. H.; WANG, D. Z. W. Autonomous and conventional bus fleet optimization for fixed-route operations considering demand uncertainty. *Transportation*, Springer Science and Business Media LLC, v. 48, n. 5, p. 2735–2763, oct 2020.
- TRAN, M. Q. et al. Task Placement on Fog Computing Made Efficient for IoT Application Provision. *Wireless Communications and Mobile Computing*, v. 2019, 2019. ISSN 15308677.
- Van Der Perri, P. Common protocols and apis for the remote installation, operation, upgrading and removal of automotive services. In: *First International Conference on Communications and Networking in China, ChinaCom '06*. [S.l.: s.n.], 2007.
- VARMA, G. R. A study on new urbanism and compact city and their influence on urban mobility. In: *2017 2nd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*. [S.l.: s.n.], 2017. p. 250–253.
- VIANNA, H. D.; BARBOSA, J. L. V. A scalable model for building context-aware applications for noncommunicable diseases prevention. *Information Processing Letters*, 2019.
- VIEGAS, F. et al. Ufollower: A model for smart cities based on ubiquitous security and surveillance. *IEEE Latin America Transactions*, v. 19, n. 12, p. 2019–2027, 2021.
- WAGNER, A.; BARBOSA, J. L. V.; BARBOSA, D. N. F. A model for profile management applied to ubiquitous learning environments. *Expert Systems with Applications*, v. 41, n. 4, Part 2, p. 2023 – 2034, 2014. ISSN 0957-4174. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417413007203>>.
- WANG, C.; DAVID, B.; CHALON, R. A smart city case study: Dynamic management of road lanes. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 8530 LNCS, p. 629–640, 2014. ISSN 16113349.
- WASHBURN, D. et al. Helping cios understand “smart city” initiatives: defining the smart city, its drivers, and the role of the cio. *Forrester Research*, 2010.
- WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific American*, p. 94–10, Sept 1991. Disponível em: <<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/SciAmDraft3.html>>.

WERTHER, B.; HOCH, N. E-mobility as a challenge for new ICT solutions in the car industry. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, v. 7173 LNCS, p. 46–57, 2012. ISSN 03029743.

WIEDMANN, T. et al. Recsim: A model for learning objects recommendation using similarity of sessions. v. 22, p. 1175–1200, 01 2016.

WOLCH, J. R.; BYRNE, J.; NEWELL, J. P. Urban green space, public health, and environmental justice: The challenge of making cities ‘just green enough’. *Landscape and Urban Planning*, v. 125, p. 234–244, 2014. ISSN 0169-2046. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204614000310>>.

XU, G. et al. Smart car care systems and its technology prospects with service robots function. In: *2014 IEEE International Conference on Information and Automation, ICIA 2014*. [S.l.: s.n.], 2014. p. 1289–1294. ISBN 9781479941001.

YANG, J.; KWON, Y.; KIM, D. Regional smart city development focus: The south korean national strategic smart city program. *IEEE Access*, v. 9, p. 7193–7210, 2021.

YUAN, Y. et al. DeResolver: A decentralized negotiation and conflict resolution framework for smart city services. *ICCPS 2021 - Proceedings of the 2021 ACM/IEEE 12th International Conference on Cyber-Physical Systems (with CPS-IoT Week 2021)*, p. 98–109, 2021.

ZAFAR, M. S.; AHMAD, F. A Study on Personalization and Customization Mechanisms of Vehicular Cloud Platform. In: *Proceedings - 2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing, UCC 2014*. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2014. (UCC '14), p. 812–817. ISBN 9781479978816. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/UCC.2014.132>>.

ZANNI, A. *Sistemas cyber-físicos e cidades inteligentes*. 2015. Disponível em: <<https://www.ibm.com/developerworks/br/library/ba-cyber-physical-systems-and-smart-cities-iot/index.html>>.

ZHANG, K. et al. Security and privacy in smart city applications: Challenges and solutions. *IEEE Communications Magazine*, v. 55, n. 1, p. 122–129, January 2017. ISSN 0163-6804.

ZIA, K. et al. Towards Exploration of Social in Social Internet of Vehicles Using an Agent-Based Simulation. *Complexity*, v. 2019, 2019. ISSN 10990526.

Apêndices

APÊNDICE A – ARTIGOS SELECIONADOS

Tabela 17 – Artigos selecionados

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Hu, Y.L., Wang, C.Y., Kao, C.K., Chang, S.Y., Wei, D.S., Huang, Y., Chen, I.Y. and Kuo, S.Y. (HU et al., 2017)	Toward fog-based event-driven services for internet of vehicles: Design and evaluation	2017	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Vol. 10689 LNCS, pp. 201-212	article
Kolbe, N., Kubler, S., Robert, J., Le Traon, Y. and Zaslavsky, A. (KOLBE et al., 2017)	Towards semantic interoperability in an open IoT ecosystem for connected vehicle services	2017	GIoTS 2017 - Global Internet of Things Summit, Proceedings	conference
Rosadi, S.D., Suhardi and Kristyan, S.A. (ROSADI; SUHARDI; KRISTYAN, 2017)	Privacy challenges in the application of smart city in Indonesia	2017	2017 International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI), pp. 405-409	inproceedings
Guo, M., Pissinou, N. and Iyengar, S.S. (GUO; PISSINOU; IYENGAR, 2016)	Privacy-aware mobile sensing in vehicular networks	2016	2016 International Conference on Computing, Networking and Communications, ICNC 2016	conference

Continua na próxima página

Tabela 17 – Continuação da página anterior

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Mahmood, A., Casetti, C., Chiasserini, C.F., Giaccone, P. and Härrri, J. (MAHMOOD et al., 2016)	Mobility-aware edge caching for connected cars	2016	Vol. 2016-Janua2016 12th Annual Conference on Wireless On-Demand Network Systems and Services, WONS 2016 - Conference Proceedings, pp. 57-64	conference
Parodi, A., Maresca, M., Provera, M. and Baglietto, P. (PARODI et al., 2016)	An IoT approach for the connected vehicle	2016	Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering, LNICST Vol. 170, pp. 158-161	article
Subramanyam, M. and Ashwath Kumar, K.N. (SUBRAMANYAM; ASHWATH KUMAR, 2016)	RLTS: Recommendation for local transportation system using Ambient Intelligence	2016	2015 International Conference on Emerging Research in Electronics, Computer Science and Technology, ICERECT 2015, pp. 65-69	conference
Atasoy, B., Ikeda, T., Song, X. and Ben-Akiva, M.E. (ATASOY et al., 2015)	The concept and impact analysis of a flexible mobility on demand system	2015	Transportation Research Part C: Emerging Technologies Vol. 56, pp. 373-392	article
Hu, X., Li, X., Ngai, E.C., Zhao, J., Leung, V.C. and Nasiopoulos, P. (HU et al., 2015)	Health drive: Mobile healthcare onboard vehicles to promote safe driving	2015	Vol. 2015-MarchProceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 3074-3083	inproceedings

Continua na próxima página

Tabela 17 – Continuação da página anterior

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Hu, J., Wang, Y. and Zhang, Y. (HU; WANG; ZHANG, 2015)	IOHMM for location prediction with missing data	2015	Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Data Science and Advanced Analytics, DSAA 2015	conference
Rhiu, I., Kwon, S., Bahn, S., Yun, M.H. and Yu, W. (RHIU et al., 2015)	Research Issues in Smart Vehicles and Elderly Drivers: A Literature Review	2015	International Journal of Human-Computer Interaction Vol. 31(10), pp. 635-666	article
Gong, Z., Yang, X., Wang, S. and Sui, B. (GONG et al., 2014)	Researches on domain ontology-based personalized information retrieval in military transportation	2014	Proceedings - 2014 IEEE Workshop on Electronics, Computer and Applications, IWCA 2014, pp. 496-498	conference
Liu, S.-D. and Meng, X.-W. (LIU; MENG, 2014)	Approach to network services recommendation based on mobile users' location	2014	Ruan Jian Xue Bao/Journal of Software Vol. 25(11), pp. 2556-2574	article
Nakamura, H., Gao, Y., Gao, H., Zhang, H., Kiyohiro, A. and Mine, T. (NAKAMURA et al., 2014)	Adaptive user interface agent for personalized public transportation recommendation system: PATRASH	2014	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Vol. 8861, pp. 238-245	article

Continua na próxima página

Tabela 17 – Continuação da página anterior

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Narayanan, V., Rehman, R., Devassy, A., Rama, S., Ahluwalia, P. and Ramachandran, A. (NARAYANAN et al., 2014)	Enabling location based services for hyperlocal marketing in connected vehicles	2014	2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo, ICCVE 2014 - Proceedings, pp. 12-13	conference
Wang, C., David, B. and Chalon, R. (WANG; DAVID; CHALON, 2014)	A smart city case study: Dynamic management of road lanes	2014	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Vol. 8530 LNCS, pp. 629-640	article
Xu, G., Zhang, Q., Li, B., Zhou, Y., Wang, M., Feng, W. and Zhu, Q. (XU et al., 2014)	Smart car care systems and its technology prospects with service robots function	2014	2014 IEEE International Conference on Information and Automation, ICIA 2014, pp. 1289-1294	conference
Zafar, M.S. and Ahmad, F. (ZAFAR; AHMAD, 2014)	A Study on Personalization and Customization Mechanisms of Vehicular Cloud Platform	2014	Proceedings - 2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing, UCC 2014, pp. 812-817	inproceedings
David, B., Xu, T., Jin, H., Zhou, Y., Chalon, R., Zhang, B., Yin, C. and Wang, C. (DAVID et al., 2013)	User-oriented system for smart city approaches	2013	IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline) Vol. 12(PART 1), pp. 333-340	article

Continua na próxima página

Tabela 17 – Continuação da página anterior

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Alvarez, I., López-De-Ipiña, M.K. and Gilbert, J.E. (ALVAREZ; LÓPEZ-DE-IPÍÑA; GILBERT, 2012)	The voice user help, a smart vehicle assistant for the elderly	2012	Vol. 7656 LNCS Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 314-321	inproceedings
Jakob, F., Kremer, W., Schulze, A., Großmann, J., Menz, N., Schneider, M. and Feudjio, A.-G. (JAKOB et al., 2012)	Risk-based testing of bluetooth functionality in an automotive environment	2012	Vol. P-210 Lecture Notes in Informatics (LNI), Proceedings - Series of the Gesellschaft für Informatik (GI), pp. 211-228	conference
Jung, Y.J., Ahn, B.Y., Cho, K.W., Lee, Y.K. and Lee, D.G. (JUNG et al., 2012)	Moving object query processing technique for recommendation service	2012	Advances in Intelligent and Soft Computing Vol. 116 AISC(VOL. 1), pp. 937-945	article
Parundekar, R. and Oguchi, K. (PARUNDEKAR; OGUCHI, 2012)	Learning driver preferences of POIs using a semantic web knowledge system	2012	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Vol. 7295 LNCS, pp. 703-717	article
Werther, B. and Hoch, N. (WERTHER; HOCH, 2012)	E-mobility as a challenge for new ICT solutions in the car industry	2012	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Vol. 7173 LNCS, pp. 46-57	article

Continua na próxima página

Tabela 17 – Continuação da página anterior

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Chan, C.-Y. (CHAN, 2011)	Connected vehicles in a connected world	2011	Proceedings of 2011 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test, VLSI-DAT 2011, pp. 43-46	conference
Saha, A. and Chaki, R. (SAHA; CHAKI, 2011)	VAMI - A novel architecture for vehicular ambient intelligent system	2011	Communications in Computer and Information Science Vol. 245 CCIS, pp. 55-64	article
Fischer, P. and Nürnberger, A. (FISCHER; NÜRNBERGER, 2010)	myCOMAND automotive user interface: Personalized interaction with multimedia content based on fuzzy preference modeling	2010	Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics) Vol. 6075 LNCS, pp. 315-326	article
Kim, S., Lim, J. and Moon, Y.-J. (KIM; LIM; MOON, 2009)	Field tests of context awareness public transit transfer information service (CPTIS) on intermodal station	2009	16th ITS World Congress	conference
Ahmed, M., Anjomshoaa, A. and Tjoa, A.M. (AHMED; ANJOMSHOAA; TJOA, 2008)	Context-based privacy management of personal information using semantic desktop: SemanticLIFE case study	2008	Proceedings of the 10th International Conference on Information Integration and Web-based Applications and Services, iiWAS 2008, pp. 214-221	inproceedings
Sadoun, B. and Al-Bayari, O. (SADOUN; AL-BAYARI, 2007b)	Location based services using geographical information systems	2007	Computer Communications Vol. 30(16), pp. 3154-3160	article

Continua na próxima página

Tabela 17 – Continuação da página anterior

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Sadoun, B. and Al-Bayari, O. (SADOUN; AL-BAYARI, 2007a)	LBS and GIS technology combination and applications	2007	2007 IEEE/ACS INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SYSTEMS AND APPLICATIONS, VOLS 1 AND 2, pp. 578+	inproceedings
Van Der Perri, P. (Van Der Perri, 2007)	Common protocols and APIs for the remote installation, operation, upgrading and removal of automotive services	2007	First International Conference on Communications and Networking in China, ChinaCom '06	conference
Chatziioanou, A. (CHATZIIOANOU, 2004)	Intelligent transportation systems for a sustainable city	2004	Vol. 18 SUSTAINABLE CITY III: URBAN REGENERATION AND SUSTAINABILITY, pp. 615-621	inproceedings
Cui, Y.P., Tang, Z.M. and Wu, X. (CUI; TANG; WU, 2004)	Conception and design of intelligent traveler information systems	2004	SERVICE SYSTEMS AND SERVICE MANAGEMENT - PROCEEDINGS OF ICSSM '04, VOLS 1 AND 2, pp. 341-345	inproceedings
Gena, C. and Torre, I. (GENA; TORRE, 2004)	The importance of adaptivity to provide onboard services: A preliminary evaluation of an adaptive tourist information service onboard vehicles	2004	APPLIED ARTIFICIAL INTELLIGENCE Vol. 18(6), pp. 549-580	article
Console, L., Torre, I., Lombardi, I., Gioria, S. and Surano, V. (CONSOLE et al., 2003)	Personalized and adaptive services on board a car: An application for tourist information	2003	Journal of Intelligent Information Systems Vol. 21(3), pp. 249-284	article

Continua na próxima página

Tabela 17 – *Continuação da página anterior*

Autores (Referência)	Título da Publicação	Ano	Journals/Proceedings	Publicado em:
Console, L., Gioria, S., Lombardi, I., Surano, V. and Torre, I. (CONSOLE et al., 2002)	Adaptation and personalization on board cars: A framework and its application to tourist services	2002	Vol. 2347 LNCS Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), pp. 112-121	inproceedings
Goto, K. and Kambayashi, Y. (GOTO; KAMBAYASHI, 2002)	Study on mobile passenger support systems for public transportation using multi-channel data dissemination	2002	Vol. 2362 Digital Cities II: Computational and Sociological Approaches, pp. 317-330	inproceedings
Angermann, M., Fiebig, U.-C. and Robertson, P. (ANGERMANN; FIEBIG; ROBERTSON, 2001)	Towards unconstrained mobility [intelligent transportation systems]	2001	Proceedings - 2001 Symposium on Applications and the Internet Workshops, SAINT 2001, pp. 177-182	conference

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B – FONTES

Listing B.1 – Exemplo de um perfil

```
1 {
2   "profile":{
3     "name": "Hannah Thompson",
4     "mother": "Caroline Thompson",
5     "birth": "1978-04-05",
6     "marital status": "engaged",
7     "city": "New York",
8     "height": "165",
9     "weight": "50",
10    "eyes": "blue",
11    "hair": "brown",
12    "Education": "Master's degree
13                in contemporary arts",
14    "Workplace": "Pinacoteca Nazionale di
15                Bologna",
16    "hobby": [
17      {"name": "travel"},
18      {"name": "apnea dive"},
19      {"name": "paint"}
20    ]}
21 }
```

Listing B.2 – Exemplo de um contexto

```
1 {
2   "context":{
3     "profile":{
4       "name": "Hannah Thompson",
5       "mother": "Caroline Thompson",
6       "birth": "1978-04-05",
7       "marital status": "engaged",
8       "city": "New York",
9       "height": "165",
10      "weight": "50",
11      "eyes": "blue",
12      "hair": "brown",
13      "Education": "Master's degree in contemporary arts",
```

```
14     "Workplace": "Pinacoteca New York",
15     "hobby": [
16         {"name": "travel"},
17         {"name": "apnea dive"},
18         {"name": "paint"}
19     ]
20 },
21     "timestamp": "202012051900010025",
22     "activity": "walking",
23     "reference": "street",
24     "destination": "work",
25     "nextstop": "busStop 1019",
26     "duration": "300",
27     "vehicle": "",
28     "neighbours": []
29 }
30 }
```

Listing B.3 – Exemplo de um histórico de contextos

```
1 {
2     "contextHistory": {
3         "profile": {
4             "name": "Hannah Thompson",
5             "mother": "Caroline Thompson",
6             "birth": "1978-04-05",
7             "marital status": "engaged",
8             "city": "New York",
9             "height": "165",
10            "weight": "50",
11            "eyes": "blue",
12            "hair": "brown",
13            "Education": "Master's degree in contemporary arts",
14            "Workplace": "Pinacoteca New York",
15            "hobby": [
16                {"name": "travel"},
17                {"name": "apnea dive"},
18                {"name": "paint"}
19            ]
20        },
21        "context": [
22            {
```

```
23     "timestamp": "202012051900010025",
24     "activity": "walking",
25     "reference": "work",
26     "destination": "travel",
27     "nextstop": "busStop 1019",
28     "duration": "300",
29     "vehicle": "",
30     "neighbours": []
31 },
32 {
33     "timestamp": "202012051905050035",
34     "activity": "waiting",
35     "reference": "busStop 1019",
36     "destination": "work",
37     "nextstop": "busStop 1105",
38     "duration": "180",
39     "vehicle": "",
40     "neighbours": [
41         {"nid": "vp.5648"},
42         {"nid": "vp.15306"},
43         {"nid": "vp.15463"},
44         {"nid": "vp.32210"},
45         {"nid": "vp.32192"},
46         {"nid": "vp.15242"},
47         {"nid": "vp.5643"}
48     ]
49 },
50 {
51     "timestamp": "202012051907030032",
52     "activity": "riding",
53     "reference": "in vehicle",
54     "destination": "work",
55     "nextstop": "busStop 1105",
56     "duration": "600",
57     "vehicle": "ptline.52.5",
58     "neighbours": [
59         {"nid": "vp.7295"},
60         {"nid": "vp.7295"},
61         {"nid": "vp.5643"}
62     ]
63 },
64 {
```

```
65     "timestamp": "202012051907030032",
66     "activity": "riding",
67     "reference": "in vehicle",
68     "destination": "work",
69     "nextstop": "busStop 1105",
70     "duration": "600",
71     "vehicle": "ptline.52.5",
72     "neighbours": [
73         {"nid": "vp.7295"},
74         {"nid": "vp.5648"},
75         {"nid": "vp.41971"},
76         {"nid": "vp.15755"},
77         {"nid": "vp.5643"}
78     ],
79 },
80 {
81     "timestamp": "202012051910050031",
82     "activity": "walking",
83     "reference": "busStop 1110",
84     "destination": "work",
85     "nextstop": "busStop 1110",
86     "duration": "60",
87     "vehicle": "",
88     "neighbours": [
89         {"nid": "vp.7295"},
90         {"nid": "vp.41971"},
91         {"nid": "vp.5648"}
92     ]
93 },
94 {
95     "timestamp": "202012051911050043",
96     "activity": "waiting",
97     "reference": "busStop 1110",
98     "destination": "work",
99     "nextstop": "busStop 470",
100    "duration": "60",
101    "vehicle": "",
102    "neighbours": [
103        {"nid": "vp.7295"},
104        {"nid": "vp.41971"},
105        {"nid": "vp.5648"}
106    ]
```

```
107     },
108     {
109         "timestamp": "202012051919250023",
110         "activity": "riding",
111         "reference": "in vehicle",
112         "destination": "work",
113         "nextstop": "busStop 470",
114         "duration": "1500",
115         "vehicle": "ptline.182.4",
116         "neighbours": [
117             {"nid": "vp.6826"},
118             {"nid": "vp.6775"},
119             {"nid": "vp.7295"},
120             {"nid": "vp.5648"},
121             {"nid": "vp.24206"},
122             {"nid": "vp.41971"}
123         ]
124     },
125     {
126         "timestamp": "202012051920000005",
127         "activity": "riding",
128         "reference": "in vehicle - busStop1106",
129         "destination": "work",
130         "nextstop": "busStop 470",
131         "duration": "1500",
132         "vehicle": "ptline.182.4",
133         "neighbours": [
134             {"nid": "vp.6826"},
135             {"nid": "vp.6775"},
136             {"nid": "vp.7295"},
137             {"nid": "vp.5648"},
138             {"nid": "vp.6727"},
139             {"nid": "vp.24206"},
140             {"nid": "vp.24206"},
141             {"nid": "vp.48694"}
142         ]
143     },
144     {
145         "timestamp": "202012051930250015",
146         "activity": "riding",
147         "reference": "in vehicle - busStop1201",
148         "destination": "work",
```



```
149     "nextstop": "busStop 470",
150     "duration": "1500",
151     "vehicle": "ptline.182.4",
152     "neighbours": [
153         {"nid": "vp.6775"},
154         {"nid": "vp.5648"},
155         {"nid": "vp.6727"},
156         {"nid": "vp.46652"},
157         {"nid": "vp.15819"},
158         {"nid": "vp.24206"},
159         {"nid": "vp.48694"},
160         {"nid": "vp.5760"},
161         {"nid": "vp.23396"},
162         {"nid": "vp.17144"}
163     ]
164 },
165 {
166     "timestamp": "202012051935320011",
167     "activity": "riding",
168     "reference": "in vehicle - busStop306",
169     "destination": "work",
170     "nextstop": "busStop 470",
171     "duration": "1500",
172     "vehicle": "ptline.182.4",
173     "neighbours": [
174         {"nid": "vp.24206"},
175         {"nid": "vp.48694"},
176         {"nid": "vp.23396"},
177         {"nid": "vp.35325"},
178         {"nid": "vp.6775"},
179         {"nid": "vp.5648"},
180         {"nid": "vp.5760"},
181         {"nid": "vp.14388"}
182     ]
183 },
184 {
185     "timestamp": "202012051936400041",
186     "activity": "riding",
187     "reference": "in vehicle - busStop304",
188     "destination": "work",
189     "nextstop": "busStop 470",
190     "duration": "1500",
```

```
191     "vehicle": "ptline.182.4",
192     "neighbours": [
193         {"nid": "vp.6775"},
194         {"nid": "vp.5648"},
195         {"nid": "vp.23396"},
196         {"nid": "vp.35325"},
197         {"nid": "vp.5760"},
198         {"nid": "vp.14388"}
199     ]
200 },
201 {
202     "timestamp": "202012051937350041",
203     "activity": "riding",
204     "reference": "in vehicle - busStop352",
205     "destination": "work",
206     "nextstop": "busStop 470",
207     "duration": "1500",
208     "vehicle": "ptline.182.4",
209     "neighbours": [
210         {"nid": "vp.5760"},
211         {"nid": "vp.14388"},
212         {"nid": "vp.16875"},
213         {"nid": "vp.14643"},
214         {"nid": "vp.9074"},
215         {"nid": "vp.6775"},
216         {"nid": "vp.5648"},
217         {"nid": "vp.23396"},
218         {"nid": "vp.35325"},
219         {"nid": "vp.7249"},
220         {"nid": "vp.14706"}
221     ]
222 },
223 {
224     "timestamp": "202012051939450041",
225     "activity": "riding",
226     "reference": "in vehicle - busStop399",
227     "destination": "work",
228     "nextstop": "busStop 470",
229     "duration": "1500",
230     "vehicle": "ptline.182.4",
231     "neighbours": [
232         {"nid": "vp.6775"},
```

```
233         {"nid": "vp.5648"},
234         {"nid": "vp.23396"},
235         {"nid": "vp.35325"},
236         {"nid": "vp.14706"},
237         {"nid": "vp.7249"},
238         {"nid": "vp.5760"},
239         {"nid": "vp.14388"},
240         {"nid": "vp.14643"},
241         {"nid": "vp.16875"}
242     ]
243 },
244 {
245     "timestamp": "202012051943420225",
246     "activity": "riding",
247     "reference": "in vehicle - busStop9",
248     "destination": "work",
249     "nextstop": "busStop 470",
250     "duration": "1500",
251     "vehicle": "ptline.182.4",
252     "neighbours": [
253         {"nid": "vp.5648"},
254         {"nid": "vp.23396"},
255         {"nid": "vp.35325"},
256         {"nid": "vp.14706"},
257         {"nid": "vp.7249"},
258         {"nid": "vp.14388"},
259         {"nid": "vp.14643"},
260         {"nid": "vp.16875"}
261     ]
262 },
263 {
264     "timestamp": "202012051945230145",
265     "activity": "waiting",
266     "reference": "busStop 470",
267     "destination": "work",
268     "nextstop": "busStop 352",
269     "duration": "60",
270     "vehicle": "",
271     "neighbours": []
272 },
273 {
274     "timestamp": "202012051953591225",
```

```
275     "activity": "riding",
276     "reference": "in vehicle - busStop9",
277     "destination": "work",
278     "nextstop": "busStop 470",
279     "duration": "120",
280     "vehicle": "ptline.4.13",
281     "neighbours": [
282         {"nid": "vp.5648"},
283         {"nid": "vp.7249"}
284     ],
285     {
286         "timestamp": "202012051955230046",
287         "activity": "walking",
288         "reference": "street",
289         "destination": "work",
290         "nextstop": "work",
291         "duration": "600",
292         "vehicle": "",
293         "neighbours": []
294     }
295 ]
296 }
297 }
298 }
```

Listing B.4 – Script runSimSurya.py

```
1 import os
2 import sys
3 import optparse
4 import random
5 import numpy as np
6 from numpy.linalg import norm
7 import csv
8 import datetime
9
10 # Global variables
11 tnow = datetime.datetime.now()
12
13 if 'SUMO_HOME' in os.environ:
14     tools = os.path.join(os.environ['SUMO_HOME'], 'tools')
15     sys.path.append(tools)
```

```
16 else:
17     sys.exit("please declare environment variable 'SUMO_HOME'")
18
19 from sumolib import checkBinary # Checks for the binary in environ vars
20 import traci
21
22 def get_options():
23     opt_parser = optparse.OptionParser()
24     opt_parser.add_option("--nogui", action="store_true",
25                           default=False, help="run the commandline version of
26                           sumo")
27     options, args = opt_parser.parse_args()
28     return options
29
30 def save_log(pCase, pStep, pVeh_bStop, pPassengers, pqtdPass):
31     fields = ["Step", "Vehicle", "Passengers"]
32
33     row = [pCase, pStep, pVeh_bStop, pPassengers, pqtdPass]
34
35     # name of csv file
36     filename = 'Logs/' + tnow.strftime("%Y-%m-%d-%H-%M-%S") + '_' + str(pCase)
37         + '_' + pVeh_bStop + '_' + 'Pass.out.csv'
38
39     # writing to csv file
40     with open(filename, 'a') as csvfile:
41         csvwriter = csv.writer(csvfile)
42         csvwriter.writerow(row)
43
44 def run(vCase):
45     # traci starts sumo as a subprocess and then this script connects and runs
46     traci.start([sumoBinary, "-c", "surya.sumo.cfg"])
47
48     step = 24300
49     tnow = datetime.datetime.now()
50
51     print('\nBegin Simulation ' + str(vCase) + '-' + str(tnow) + '\n')
52     while traci.simulation.getMinExpectedNumber() > 0:
53         traci.simulationStep()
54
55     #selected busStops - related do Public Trasnport lines 87 and 106
```

```
56     for bStop in ["1251", "1253", "1311", "1313", "1353", "2151", "2401", "28",
57                 "30", "3101", "3102", "3103", "3104", "3105", "3106", "3110",
58                 "3111", "3112", "3120", "3122", "3131", "3133", "3202", "3204",
59                 "3208", "3210", "3212", "3214", "3216", "3337", "3339", "3343",
60                 "3347", "34", "4002", "4004", "452", "462", "470", "5002",
61                 "5004", "5006", "5010", "5014", "5018", "5020", "5022", "5026",
62                 "5028", "5030", "5034", "5038", "600", "6032", "604", "612",
63                 "614", "6209", "6211", "6286", "7001", "701", "7019", "7021",
64                 "7025", "705", "7051", "7053", "7055", "7060", "709", "7103",
65                 "7105", "7109", "7111", "7113", "7117", "7119", "7123", "7171",
66                 "7201", "7203", "7205", "7209", "7211", "7213", "7301", "753",
67                 "755", "759", "761", "804", "806", "9", "9002", "9004",
68                 "9006", "9010", "9012", "9204"]:
69         vqtdPass = traci.busstop.getPersonCount(bStop)
70         if vqtdPass > 0:
71             vPass_bStop = traci.busstop.getPersonIDs(bStop)
72             save_log(vCase, step, 'busStop.' + bStop, vPass_bStop, vqtdPass)
73
74         vqtVeh = traci.busstop.getVehicleCount(bStop)
75         if vqtVeh > 0:
76             vVeh_bStop = traci.busstop.getVehicleIDs(bStop)
77
78             for vVeh in vVeh_bStop:
79                 vqtdPassB = traci.vehicle.getPersonNumber(vVeh)
80                 vPassengers = traci.vehicle.getPersonIDList(vVeh)
81                 save_log(vCase, step, vVeh, vPassengers, vqtdPassB)
82     step += 1
83
84     if step >= 36000:
85         tnow = datetime.datetime.now()
86         print('\nEnd Simulation ' + str(vCase) + '-' + str(tnow) + '\n')
87
88         traci.close()
89         sys.stdout.flush()
90
91         return
92
93 # main entry point
94 if __name__ == "__main__":
95     options = get_options()
96
97     # check binary
```

```
98     if options.nogui:
99         sumoBinary = checkBinary('sumo')
100    else:
101        sumoBinary = checkBinary('sumo-gui')
102
103    #Executa 100 Casos
104    for pCase in range(101):
105        run(pCase)
106
107    traci.close()
108    sys.stdout.flush()
```
