DIANA PATRICIA RIAÑO RIAÑO

INTEGRAÇÃO DE DADOS ESTATÍSTICOS SOCIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE
UMA POSSÍVEL ARQUITETURA PARA A INTERNET DAS COISAS

São Paulo

2016

2016

DIANA PATRICIA RIAÑO RIAÑO

INTEGRAÇÃO DE DADOS ESTATÍSTICOS SOCIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE
UMA POSSÍVEL ARQUITETURA PARA A INTERNET DAS COISAS

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a obtenção
do título de Mestre em Ciências.

São Paulo

2016

2016

DIANA PATRICIA RIAÑO RIAÑO

INTEGRAÇÃO DE DADOS ESTATÍSTICOS SOCIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE
UMA POSSÍVEL ARQUITETURA PARA A INTERNET DAS COISAS

Dissertação apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração:
Sistemas Eletrônicos.

Orientador:
Prof. Dr. José Roberto de Almeida Amazonas.

São Paulo
2016
2016

Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 11 de Novembro de 2016

Assinatura do autor:

Diana Riaño

Assinatura do orientador:

ptAmgona.

Catálogo-na-publicação

Riaño, Diana

Integração de dados estatísticos sociais no desenvolvimento de uma possível arquitetura para a Internet das Coisas / D. Riaño -- versão corr. -- São Paulo, 2016.

157 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1. Internet das coisas 2. Modelos de referência 3. Plataformas de desenvolvimento 4. Tecnologia social 5. Teoria de grafos I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II. t.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais por me ensinarem o valor e a importância do estudo e da instrução para a minha vida.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. José Roberto de Almeida Amazonas, por acreditar no meu trabalho, pela oportunidade, dedicação e ensinamentos que me tornaram melhor, profissionalmente e pessoalmente, e por me orientar por esses três anos.

Agradeço aos meus colegas do CEST e o Prof. Dr. Edison Spina pela ajuda prestativa durante a realização deste trabalho e pelas ideias, comentários e sugestões, os quais foram importantes para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) e ao CEST (Centro de Estudos Sociedade e Tecnologia) pela concessão das bolsas para realização deste mestrado.

Agradeço aos meus amigos pelo apoio e carinho.

E, finalmente, agradeço à força superior que me fez superar obstáculos e dificuldades e concluir com êxito este mestrado.

God created everything by number, weight
and measure.

(Isaac Newton)

Resumo

Os objetivos deste trabalho de mestrado consistem em determinar: (i) como modificar a arquitetura de referência de Internet das Coisas para identificar e priorizar as necessidades dos usuários em um determinado contexto; (ii) como transformar dados sociais subjetivos em uma medida objetiva de impacto social; (iii) como correlacionar informações sociais e dados digitais de forma a medir a satisfação dos usuários com os serviços de Internet das Coisas desenvolvidos; (iv) como validar o sistema total; e (v) se a arquitetura é reconfigurável e pode ser adotada e validada em diferentes casos de uso. O método de desenvolvimento começa de uma extensa investigação bibliográfica sobre projetos, arquiteturas e plataformas de Internet das Coisas desenvolvidas e em desenvolvimento, tecnologia social e teoria de grafos. É proposto um mapa conceitual que serve de base a todo o trabalho. A teoria de grafos fornece um conjunto de métricas que permite identificar as reais necessidades de usuários e comunidades e, então, especificar as aplicações e serviços de Internet das Coisas a serem desenvolvidos. É proposta uma função de *fitness* para avaliar a satisfação de requisitos de uma especificação. A validação do método é feita por meio de um estudo de caso. Para uma cidade hipotética são descritos os serviços educacionais, de saúde e de transporte disponíveis. É identificado o problema de oferecimento de serviços educacionais a comunidades distantes e a necessidade desses serviços se integrarem com as entidades culturais e de saúde. Com isso, é especificada a aplicação Aula Móvil. Essa aplicação é completamente descrita por meio dos modelos de domínio, de informação, funcional e de comunicação da arquitetura de referência IoT-A. Para o desenvolvimento do software, é feita uma descrição completa em UML: diagrama de classes e diagramas de sequência. Apesar de se ter adotado um estudo de caso simples, fica demonstrada a viabilidade de se integrar a avaliação de dados estatísticos sociais no ciclo de projeto de aplicações de Internet das Coisas. É mostrado também que as aplicações de Internet das Coisas geram impacto social a curto, médio e longo prazos. O método e arquitetura propostos neste trabalho são suficientemente genéricos para serem utilizados em outras aplicações relacionadas a uma cidade e também em outros domínios como os de M2M e da iniciativa Industry 4.0.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Modelos de referência. Plataformas de desenvolvimento. Tecnologia social. Teoria de grafos.

Abstract

The objectives of this master thesis consist in determining: (i) how modify an IoT reference architecture to identify and prioritize end user's needs in a given context; (ii) how transform subjective social data in a objective measure of social impact; (iii) how correlate social data and digital data to measure the end users' satisfaction with the developed IoT services; (iv) how validate the total system; and (v) if the architecture is reconfigurable and can be adopted and validated in different use cases. The development method started with and extensive bibliographic research about IoT projects, architectures and platforms, already developed and under development, social technology and graphs theory. A conceptual map is proposed and is used as a basis for the entire work. The graphs theory provides a set of metrics that allow the identification of end users' and communities' needs and, then, to specify the IoT applications and services to be developed. A fitness function is proposed to evaluate the fulfillment of requirements of a specification. The whole method validation is made by means of a case study. To do so, the available educational, health and transport services of a hypothetical city are described. The problem of offering educational services to distant communities and the need to integrate such services to the cultural and health entities are identified. As a result, a Mobile Class application is specified. This application is completely described by the domain, informational, functional and communicational models of the IoT-A reference architecture. For the software development, a complete UML description is made: class diagrams and sequence diagrams. In spite of having adopted a simple case study, the feasibility of integrating the social statistical data evaluation in the design cycle of IoT applications is demonstrated. It is also shown that IoT applications generate social impact in the short, medium and large terms. The method and architecture proposed in this work are generic enough to be used in other applications related to a city as is other domains as M2M and from the Industry 4.0 Initiative.

Keywords: Internet of Things. Reference models. Development platforms. Social technology. Graphs theory.

Lista de Figuras

Figura 1 –	Mapa conceitual da Pesquisa de Mestrado, destacando os temas a serem analisados.	18
Figura 2 –	Domínios de aplicação da Internet das Coisas	23
Figura 3 –	Sensores em Santander	31
Figura 4 –	Contextos do SmartSantander	31
Figura 5 –	Pontuações médias da pesquisa feita pela Indra	33
Figura 6 –	<i>Ranking</i> das 8 cidades da América Latina	34
Figura 7 –	Matriz de relação entre Áreas de Aplicação e Ecossistemas	37
Figura 8 –	Fatores dos indicadores de Rudolf Giffinger	38
Figura 9 –	Áreas de aplicação dos indicadores de Rudolf Giffinger	38
Figura 10 –	Taxonomia, influências e dependências entre o modelo de referência para IoT e arquitetura de referência para IoT.	43
Figura 11 –	Interações entre os submodelos do modelo de referência para IoT. . . .	43
Figura 12 –	Infraestrutura de mercado proposta no COMPOSE.	46
Figura 13 –	Infraestrutura proposta no BETaaS.	48
Figura 14 –	Componentes e as relações na arquitetura do BETaaS.	49
Figura 15 –	Vértice e aresta - conceito	53
Figura 16 –	Grafo.	54
Figura 17 –	Partes de um grafo.	54
Figura 18 –	Exemplo de Grafo.	55
Figura 19 –	Diagrama em blocos para desenvolvimento de soluções com grafos. . .	55
Figura 20 –	Gráfico G onde o nó 1 é o nó mais central de acordo com a Equação (4.1)	57
Figura 21 –	Grafo G onde o nó 2 é o vértice por onde passa o maior número de caminhos na rede, de acordo com a Equação (4.2)	58
Figura 22 –	Grafo G com 8 nós	58
Figura 23 –	Grafo G com 6 nós	59
Figura 24 –	Grafo da rede totalmente conectada de 4 vértices	62
Figura 25 –	Circuito elétrico equivalente do grafo da rede totalmente conectada de 4 vértices	63
Figura 26 –	Grafo G representando a topologia da cidade, distância entre localidades, custo do transporte e tempo de deslocamento e espera	66
Figura 27 –	Grafo do tempo de deslocamento (grafo de distância com velocidade média de 25 km/h)	68
Figura 28 –	Grafo de frequência de ônibus (tempo de saída entre cada linha de ônibus de 10 min dividido pelo número de linhas)	69
Figura 29 –	Árvores com raiz no nó 2 correspondente ao grafo da Figura 26	70

Figura 30 –	Exemplo de dendrograma	79
Figura 31 –	<i>Cluster</i> hierárquico com cálculo da menor distância	80
Figura 32 –	Dendrograma correspondente ao exemplo da Figura 31	81
Figura 33 –	Grafo de pontos de serviço de saúde em uma cidade	88
Figura 34 –	Grafo de pontos de serviço de educação em uma cidade	90
Figura 35 –	Grafo de transporte em uma cidade	91
Figura 36 –	Dendrograma - Agrupamento hierárquico	98
Figura 37 –	Estrutura da plataforma de desenvolvimento LinkSmart	101
Figura 38 –	Estrutura Butler	102
Figura 39 –	Estrutura da plataforma de Ubidots	103
Figura 40 –	Casos de uso do serviço - Estudante	105
Figura 41 –	Casos de uso do serviço - Professor	106
Figura 42 –	Casos de uso do Serviço - Administrador	107
Figura 43 –	Modelo de domínio	109
Figura 44 –	Modelo de Informação	110
Figura 45 –	Modelo funcional	111
Figura 46 –	Modelo de comunicação - Associar tarefa a estudante	112
Figura 47 –	Modelo de comunicação - Seguimento de currículo	113
Figura 48 –	Modelo de comunicação - Lista de usuários	113
Figura 49 –	Modelo de comunicação - Conhecimentos adquiridos	114
Figura 50 –	UML - Diagrama de Classes Aula Móvel	116
Figura 51 –	Diagrama de sequência UML - Estudante Aula Móvel	117
Figura 52 –	Diagrama de sequência UML - Professor Aula Móvel	117
Figura 53 –	Diagrama de sequência UML - Administrador Aula Móvel	118
Figura 54 –	Mapa Conceitual Ligação Modelos Arquitetura IoT e Diagramas UML - Aula Móvel	121
Figura 55 –	Mapa conceitual da Pesquisa de Mestrado, destacando os temas a serem analisados.	122
Figura 56 –	Lista de Indicadores de Rudolf Giffinger.	133
Figura 57 –	Lista de Indicadores de Rudolf Giffinger (Continuação).	134
Figura 58 –	Simbologia Relacionamento classe UML	135
Figura 59 –	Casos de uso do serviço saúde - paciente	148
Figura 60 –	Casos de uso do serviço saúde - médico	150
Figura 61 –	Casos de Uso del Servicio Salud - Administrador	151
Figura 62 –	Casos de uso do serviço saúde na educação - criança	153
Figura 63 –	Casos de uso do serviço saúde na educação - Medico	154
Figura 64 –	Casos de uso do serviço saúde na educação - Professor	155
Figura 65 –	Casos de uso do servicio saúde na educação - administrador	156

Lista de Tabelas

Tabela 1 –	Componentes arquiteturais do COMPOSE	47
Tabela 2 –	Componentes de BETaaS	50
Tabela 3 –	Vetor de valores das características nas arestas do grafo Figura 29 . . .	71
Tabela 4 –	Prioridades das características	72
Tabela 5 –	Tabela de resultados de casos da fitness e porcentagens de cumprimento de requisitos	72
Tabela 6 –	Centralidade de proximidade	94
Tabela 7 –	Centralidade de Intermediação	95
Tabela 8 –	Número de arestas que devem ter algum problema para que nós fiquem isolados	95
Tabela 9 –	Valores da métrica de caminhos físicos associada à Tabela 8.	96
Tabela 10 –	Valores dos parametros da medida de similaridade	97
Tabela 11 –	Relação entre o modelo arquitetural IoT-A e os diagramas UML - desenvolvimento da aplicação Aula Móvel	119

Lista de Abreviaturas e Siglas

ASPIRE	<i>Advanced Sensors and lightweight Programmable middleware for Innovative Rfid Enterprise applications</i>
BETaaS	<i>Building the Environment for the Things as a Service</i>
CEAPAT	Centro de referência Estatal de Autonomia Pessoal e Ajudas Técnicas
COMPOSE	<i>Collaborative Open Market to Place Objects at your Service</i>
EC	<i>European Commission</i> , em Português Comissão Europeia
UE	União Europeia
EP	Escola Politécnica
FP7	<i>Framework Programme 7</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IERC	<i>European Research Cluster on the Internet of Things</i>
IoC	<i>Internet of Content</i> , em Português Internet de Conteúdo
IoT	<i>Internet of Things</i> , em Português Internet das Coisas
IoT-A	<i>Internet of Things Architecture</i>
IoT-I	<i>Internet of Things Initiative</i>
IoS	<i>Internet of Services</i> , em Português Internet dos Serviços
ITU-T	<i>International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector</i>
ITS	Instituto de Tecnologia Social
IPv6	<i>Internet Protocol version 6</i>
LCS	Laboratório de Comunicações e Sinais
M2M	<i>Machine to Machine</i> , em Português Máquina a Máquina
QoS	<i>Quality of Service</i> , em Português, Qualidade de Serviço
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i> , em Português Identificação por Radiofrequência

SmartSantander	<i>EU ICT FP7 research project: Future Internet research and experimentation</i>
TaaS	<i>Things as a Service</i> , em Português Coisas como Serviços
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
TS	Tecnologia Social
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Contexto da pesquisa	15
1.2	Motivação	16
1.3	Escopo e objetivos da pesquisa	17
1.3.1	Escopo	19
1.3.2	Objetivos	19
1.4	Organização do texto da Dissertação	20
2	CONCEITOS, PROJETOS E ESTUDOS IMPORTANTES	22
2.1	Internet das Coisas	22
2.1.1	Desenvolvimento de aplicações de IoT em diferentes domínios	23
2.2	Tecnologia Social	27
2.2.1	Inovação e Sociedade	27
2.2.2	Tecnologia na sociedade	28
2.3	Projetos desenvolvidos que trabalham com conceitos IoT e TS	28
2.3.1	Projetos na Europa	29
2.3.2	Projetos na América Latina	32
2.4	Estudos de avaliação dos desenvolvimentos IoT na sociedade	33
2.4.1	Estudos a nível mundial	33
2.4.2	Estudos na América Latina	34
3	IDENTIFICAÇÃO DE NECESSIDADES, CONHECIMENTO DO CONTEXTO E INTEGRAÇÃO DO USUÁRIO AO SISTEMA	36
3.1	Conhecimento de contexto e necessidades	37
3.1.1	Estudos feitos por instituições no Brasil	39
3.2	Proposta de integração de dados e informações do usuário ao sistema de desenvolvimento de aplicações e serviços de IoT	40
3.3	Uso de recursos matemáticos para propor soluções para problemas de acesso aos serviços	41
3.3.1	Identificação de nós críticos para o acesso aos serviços	42
3.4	Interação do usuário e IoT	42
3.4.1	IoT-A	42
3.4.2	COMPOSE	45
3.4.3	BEtaaS	47

4	FERRAMENTAS MATEMÁTICAS PARA IDENTIFICAÇÃO DE CON- TEXTO E NECESSIDADES DE USUÁRIO	52
4.1	Redes	52
4.1.1	Definições matemáticas de redes	52
4.2	Teoria de grafos	54
4.2.1	Métricas de centralidade de grafos	55
4.2.2	Métricas da teoria de grafos utilizadas neste estudo	56
4.2.3	Centralidade de proximidade	56
4.2.4	Centralidade de intermediação	57
4.2.5	<i>Resistance distance</i>	59
4.2.6	Redes totalmente conectadas - <i>Fully-connected networks</i>	60
4.2.7	Exemplos de redes totalmente conectadas de 4-5-6 vértices	61
4.2.8	Rede com resistências diferentes nas arestas	64
4.2.9	Otimização - função de <i>fitness</i>	71
4.3	Identificação de eventos em um contexto e sua implicação na pro- cura de soluções	75
4.3.1	Teoria de <i>clusters</i>	76
4.3.2	<i>K-Means</i>	76
4.3.3	<i>Clustering</i>	77
4.3.4	Exemplo de agrupamento hierárquico	79
4.4	Discussão dos resultados do o estudo de métricas de redes comple- xas e otimização	81
5	IDENTIFICAÇÃO DE SERVIÇOS E ESPECIFICAÇÕES QUE SE PODEM ATENDER COM INTERNET DAS COISAS	84
5.1	Exemplos de serviços públicos e contextos de uma cidade	84
5.1.1	Estudo de caso em uma cidade hipotética	87
5.2	Objetivos para a solução do problema no serviço de educação na cidade hipotética	92
5.3	Conhecimento do serviço de educação em uma cidade hipotética por meio de métricas de grafos	94
5.4	Proposta de uso de tecnologia em contexto educativo	98
5.4.1	Proposta de solução por meio de IoT	100
5.5	Desenvolvimento da proposta	103
5.5.1	Casos de Uso	104
5.5.1.1	Casos de uso: estudante	104
5.5.1.2	Caso de uso: professor	106
5.5.1.3	Caso de uso: administrador	107
5.5.2	Mapeamento da solução na arquitetura IoT-A	108
5.5.2.1	Modelo de domínio	108

5.5.2.2	Modelo de informação	109
5.5.2.3	Modelo funcional	109
5.5.2.4	Modelo de comunicação	112
5.5.3	Diagramas UML da aplicação Aula Móvel	114
5.5.3.1	Diagrama de classes	114
5.5.3.2	Diagramas de sequência	116
5.6	Implementação, uso e avaliação da aplicação Aula Móvel	119
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E TRABALHOS FUTUROS	123
6.1	Considerações Finais	123
6.2	Trabalhos Futuros	125
	REFERÊNCIAS	127
	ANEXOS	132
	ANEXO A – INDICADORES DE RUDOLF GIFFINGER	133
	ANEXO B – DIAGRAMA DE CLASSE UML -RELACIONAMENTO ENTRE CLASSES	135
	ANEXO C – DESCRIÇÃO DOS PASSOS REALIZADOS PARA O CONHECIMENTO DA REDE POR MEIO DAS MÉ- TRICAS DE REDES COMPLEXAS E GRAFOS	137
	ANEXO D – PROPOSTA DE UM NOVO SERVIÇO QUE COM- BINA O USO NOS CONTEXTOS DE SAÚDE E EDU- CAÇÃO	146
D.1	Aplicações no contexto de saúde	146
D.2	Aplicação educação em saúde no contexto escolar	152

1 Introdução

Este capítulo tem por objetivo introduzir o contexto que se desenvolve esta pesquisa, conceitos introdutórios, motivação, escopo e objetivos da pesquisa, além de listar as principais contribuições desenvolvidas e descrever brevemente a estrutura deste texto de dissertação.

1.1 Contexto da pesquisa

Diversos países têm colocado a produção de conhecimentos científicos e a inovação tecnológica no centro de suas políticas para o desenvolvimento (COLECCHIA; SCHREYER, 2002). Na área de sociologia vem-se debatendo o que é a tecnologia e o que ela faz pelas pessoas e as sociedades. Alguns estudos da área procuram a relação entre tecnologia, inovação e sociedade (MACHADO, 2006).

As novas tecnologias de comunicação estabelecem um novo paradigma, caracterizado por milhões de dispositivos inteligentes interligados o que deverá mudar a vida das pessoas e as relações com o ambiente (ZÜRICH., 2005.).

Em abordagens preliminares, observa-se que deverão existir centenas de dispositivos por pessoa, ambientes de todos os tipos de tamanhos, conectados a redes sem fio, tornando a computação onipresente, além da evolução das interfaces com os seres que deverão ser mais transparentes e simples (WEISER., 1991).

Internet of Things, em Português Internet das Coisas (IoT), é definida como uma infraestrutura de rede global, que interconecta fisicamente e virtualmente objetos, com o objetivo de explorar dados capturados e suas capacidades de comunicação. Essa infraestrutura inclui a Internet atual e sua evolução e outras redes de comunicação, ela é caracterizada pelo alto grau de captura autônoma de dados, transferência de eventos de rede, conectividade e interoperabilidade (CASAGRAS., 2009). Em (G.; LI., 2010), o termo IoT refere-se não somente à interconexão entre objetos do mundo real, mas à contextualização de informações referentes às coisas do mundo real. Utiliza-se o termo "coisas" para designar uma entidade física cuja identidade e contexto podem ser transmitidos a uma infraestrutura de processamento de informação ligada à Internet. Quase qualquer coisa a qual se poss conectar um sensor (uma vaca em um campo, um contêiner em um navio de carga, o aparelho de ar-condicionado em um escritório, um poste de luz na rua) pode tornar-se um nó na IoT. Pode-se dizer que a IoT é uma evolução para uma Internet centrada nos usuários, com a capacidade de combinação de dados de pessoas, processos e objetos (AGGARWAL; SHETH; ASHISH, 2013.). O conceito IoT tem seu fundamento nas comunicações *Machine to Machine*, em Português Máquina a Máquina (M2M), desenvolve

uma Internet com foco nas pessoas e estabelece um mundo digital no qual tudo pode estar interligado, desde que se utilize identificação e captura de dados permitindo que o conjunto seja gerenciado e controlado (HAUBENSAK, 2011).

Com o avanço das redes de comunicações desenvolvem-se aplicações e serviços de monitoramento que podem facilitar atividades cotidianas e diminuir problemas de acordo com o contexto do qual foram obtidos. Um dos objetivos centrais da implantação distribuída de dispositivos de monitoramento em diferentes contextos é oferecer alternativas de otimização para gestão de dados de natureza diversa. Os dados são coletados de fontes automaticamente, parte dos dados são fornecidos por serviços públicos e privados, dados dos usuários pelo uso de seus telefones inteligentes e uma grande quantidade de dados de sensores e medidores ligados as máquinas e infraestruturas distribuídas pelo ambiente. Todas essas informações são armazenadas em diversos lugares, no próprio sensor, em bancos de dados, em redes sociais, em centros de armazenamento de dados privados ou mesmo em um serviço de armazenamento em nuvem pública. Tendo todas essas informações se pode tomar uma decisão inteligente, que poderá prever problemas e solucioná-los de maneira prática, como coordenar o uso dos recursos e operar com eficiência (VERMESAN; FRIESS et al., 2013).

Essa nova infraestrutura é composta de hardware, software e serviços *web*, que propiciam delegação de autoridade, promoção de autonomia e participação do usuário pela percepção do contexto e para o desenvolvimento de projetos colaborativos. A tecnologia passa a ser social (Tecnologia Social (TS)) porque os usuários a incorporam em suas práticas cotidianas. Na TS criam-se serviços que combinam processos digitais com as relações dos usuários e com recursos oferecidos pelos contextos (SIERRA, 2011).

1.2 Motivação

O mundo é sujeito a constantes transformações, a cada nova geração mudam-se as formas de se relacionar e viver na sociedade.

Para Kranenburg (2013) a tecnologia para IoT já está disponível. As configurações pessoais já estão nas nuvens ¹. Etiquetas de *Radio-Frequency IDentification*, em Português Identificação por Radiofrequência (RFID), códigos de barras 2D e 3D, sensores, *Internet Protocol version 6* (IPv6) e toda uma gama de tecnologias existem para garantir que as pessoas e coisas possam se conectar amplamente. A questão é que uso se faz disso e como vai impactar os seres humanos na sociedade civil. Kranenburg desenvolve um cenário onde um mundo completamente horizontal surgirá em que a questão central é como organizar práticas colaborativas e as estruturas públicas.

¹ O armazenamento de dados é feito em serviços que poderão ser acessados de qualquer lugar do mundo, a qualquer hora, não havendo necessidade de instalação de programas ou de armazenar dados. O acesso a programas, serviços e arquivos é remoto, através da Internet - daí a alusão à nuvem

Santucci (2013) menciona que quando os objetos podem perceber o ambiente e se comunicar, eles se tornam ferramentas poderosas para entender situações e responder a elas com eficiência. Embora tais objetos inteligentes possam interagir com as pessoas, é mais provável que interajam entre si, sem intervenção humana. Mas não basta apenas que os objetos estejam conectados, é preciso explorar os dados obtidos e perceber que se está vivendo uma revolução no conhecimento e na maneira das pessoas se relacionarem com o mundo.

Spiekermann (2011) discute que no mundo se enxerga o homem como responsável e maduro, que é capaz de agir racionalmente e de definir-se através de autonomia moral e liberdade de escolha, estabelece um alto nível de orientação sobre como os sistemas devem ser construídos e o que a IoT poderia ou não deveria fazer. É necessário perceber que um objeto é, ao mesmo tempo, um canal de comunicação e um estoque de informações que refletem relações sociais numa sociedade em um dado momento. Seres humanos se comunicam através dos objetos que comercializam. A natureza dos objetos e seus termos de troca são o símbolo através do qual uma sociedade se representa. Portanto, o futuro dos objetos na IoT é importante não apenas para entender como se deve direcionar políticas como utilização de espectro, padronização, privacidade, segurança, identificação, informação aberta, educação, reciclagem, cooperação global, comunidades inteligentes e governança, mas também para verificar se a IoT realmente trará dados brutos para o indivíduo e para a sociedade que propiciem a geração de novos conhecimentos, delegação de autoridade, promoção de autonomia e participação.

De acordo com Kranenburg (2013), será necessário criar um equilíbrio melhor entre o usuário final, o governo e os setores da economia, expor as ineficiências e proporcionar às pessoas maior controle em serviços de missão crítica. Mas também é urgente mostrar às instituições e explicar que elas estão perdendo a oportunidade de aproveitar seu melhor e fazer bom uso delas em benefício do usuário. Elas precisam mudar, integrar e avaliar os serviços nos contextos, tal mudança deve integrar informações à arquitetura trabalhada pela IoT. Essa proposta de mudança é avaliada neste trabalho por meio da descrição de um caso de uso de um problema acontecido no Brasil, e a identificação dos benefícios que pode trazer a casos semelhantes.

1.3 Escopo e objetivos da pesquisa

O mapa conceitual da Figura 1 elenca os principais conceitos pertinentes à pesquisa com o objetivo de aprofundar-se no conhecimento e nas relações deles.

Na Figura 1 os conceitos estão ligados num ciclo fechado, o qual mostra que o sistema não tem um começo e um fim fixos, pois ele se realimenta e aprende com as mudanças dos blocos, essas mudanças se desenvolvem principalmente pela descoberta das

Figura 1 – Mapa conceitual dos conceitos pertinentes à pesquisa do trabalho de mestrado, destacando os temas a serem analisados e as correlações entre eles.

Fonte: Autora

necessidades dos contextos de estudo, reconfiguração de aplicações e serviços como solução das necessidades, o impacto que essas terão nos usuários e a transformação na interação entre os usuários e o ambiente.

A análise do mapa conceitual, Figura 1, se inicia no conceito de *Sociedade (1)* que interage com a *Matriz de incidência de aplicações e serviços (2)* (essa matriz é detalhada no Capítulo 3) permitindo identificar *Necessidades (3)* que servem de entrada para obter as especificações das *Aplicações e serviços reconfiguráveis de um sistema de desenvolvimento de referência (4)*. O resultado é validado em *Validação técnica de serviços (5)* que também exige uma *Validação (6)* do ponto de vista dos usuários. A verificação do ponto de vista do usuário pode gerar entradas mais refinadas à especificação dos serviços levando a uma melhora. Os serviços implantados produzem um *Impacto social (8)* que tem o potencial de transformar a *Sociedade (1)*.

Os blocos da Figura 1 estão em uma escala de cor, onde blocos de cor escura são os conceitos onde se integram as informações sociais e se obtém os resultados dos principais desenvolvimentos da proposta desta pesquisa. O objetivo consiste na interação dos dados digitais obtidos pelos dispositivos dos usuários, redes sociais e instituições de levantamento estatístico de dados sociais, de forma a poder trabalhar com eles, encontrando uma possível via de identificação objetiva de necessidade. Pretende-se mostrar que o novo sistema proposto para o cidadão só será completo com participação dele e no estabelecimento de mútua cooperação entre a tecnologia e os usuários, de tal sorte que os benefícios se

traduzam em melhor qualidade de vida e ganho na utilização dos recursos existentes.

1.3.1 Escopo

Esta proposta de desenvolvimento de aplicações e serviços da IoT baseia-se em um modelo completamente horizontal em que a questão central é a maneira de organizar a cooperação entre as tecnologias, os usuários e as estruturas públicas. Para que isso seja possível é necessário implementar uma arquitetura de comunicação pública aberta que permita o compartilhamento de dados e sobre a qual os serviços possam ser criados.

Na situação atual, o usuário não sabe o que as instituições existentes estão fazendo por ele, criando a dúvida de que se deve continuar apoiando com o pagamento dos impostos para continuar utilizando os serviços.

Dessa forma, constata-se que a integração de dados sociais e a identificação das necessidades são os pontos centrais desta pesquisa.

O escopo de pesquisa compreende a interação e integração de ambientes inteligentes, instituições de pesquisas sociais com uma arquitetura de referência de IoT.

Fica fora do escopo desta pesquisa a implementação final para validação em um ambiente real, pelo interesse em encontrar reposta aos objetivos e foco principal no encontro de possíveis caminhos que se misturem os conceitos de tecnologia e sociedade e como eles devem ser tratados e levados em consideração do desenvolvimento do contexto.

1.3.2 Objetivos

O objetivo geral da pesquisa é descrito pela busca de respostas para os seguintes questionamentos:

- OG1 Como modificar a arquitetura de referência IoT para identificar e priorizar as necessidades dos usuários em um determinado contexto?
- OG2 Como transformar dados sociais subjetivos em uma medida objetiva de impacto social?
- OG3 Como correlacionar dados sociais e dados digitais de forma a medir a satisfação dos usuários com os serviços de IoT desenvolvidos?
- OG4 Como validar o sistema total?
- OG5 Essa arquitetura é reconfigurável? Pode ser adotada e validada em diferentes casos de uso?

Os objetivos específicos a serem desenvolvidos na dissertação são:

- OE1 Descrever o modelo de referência de IoT de modo a determinar as mudanças a serem introduzidas para identificação das necessidades e estabelecer como será utilizado nas aplicações e nos experimentos.
- OE2 Utilizar dados sociais para definir as especificações das aplicações e serviços a serem desenvolvidos. Atualmente e segundo as pesquisas (INDRA, 2014) e (COHEN, 2013), os dados sociais só compõem e interagem com o sistema na parte de avaliação final de serviços e não atuam na descoberta das necessidades dos usuários. Nas pesquisas, (INDRA, 2014) e (COHEN, 2013), foram avaliadas aplicações e serviços que foram implantados sem conhecimento prévio das características dos ambientes, seus recursos e as relações com o usuário. O processo atual é baseado em pesquisas feitas sobre um conjunto de usuários que avaliam os serviços, mas o sistema precisa de conhecimentos prévios para conseguir uma mudança nas relações usuário-ambiente e que o usuário identifique os benefícios para que opiniões se transformem em medidas.
- OE3 Oferecer serviços confortáveis e seguros para o usuário e o ambiente, cuja aceitação ou rejeição devem ser avaliadas a partir de seu nível de satisfação.
- OE4 Criar um método de avaliação do sistema que permita validá-lo do ponto de vista de correção técnica e impacto social.
- OE5 Identificar problemas que se estendam sobre diversas áreas de atividade e propor soluções horizontais, baseadas em padrões internacionais e interoperáveis.

1.4 Organização do texto da Dissertação

O texto de dissertação está organizado da seguinte maneira:

A Introdução é apresentada neste Capítulo.

No Capítulo 2 faz-se revisão bibliográfica dos conceitos teóricos importantes para esta pesquisa, descrevem-se desenvolvimentos de aplicações em diversos domínios, apresenta-se a combinação dos conceitos inovadores e o desenvolvimento na sociedade, e são expostos alguns estudos de avaliação de serviços no mundo, com destaque para a América Latina.

No Capítulo 3 é apresentada a proposta do método de identificação de necessidades, os passos para desenvolvimento da solução; de acordo com os objetivos propostos, as ferramentas necessárias para implementação da proposta, a relação da IoT com diversos contextos e os benefícios que ela pode propiciar, e o estudo das arquiteturas que estão sendo avaliadas para serem adotadas.

No Capítulo 4 apresenta-se a escolha de métricas, definição de *clusters* e função de custo para a identificação de prioridade, agrupamento e relacionamento de resultados com o contexto.

No Capítulo 5 apresenta-se um estudo de caso em uma cidade hipotética que permite o trabalho e desenvolvimento de grafos, métricas, *clustering* e função de custo para proposta de um serviço, desenvolvido sobre IoT.

O Capítulo 6 conclui com as considerações finais acerca deste texto de dissertação e trabalhos futuros.

2 Conceitos, projetos e estudos importantes

Ciência e tecnologia não são ética ou politicamente neutras, cientistas e tecnólogos não podem despir-se de suas posições sociais e de seus valores. Em cada estágio da evolução social as tecnologias utilizadas refletem as contradições e os conflitos entre o poder econômico e sua tendência à concentração de riquezas, poder e acesso à informação e as aspirações de participação democrática, autonomia cultural e autogestão. Por isso, a sociedade civil tem o dever e o direito de exercer o controle sobre as inovações tecnológicas que não podem ficar a critério único de cientistas, tecnocratas, políticos e empresários. Impõe-se uma avaliação prospectiva baseada no princípio da precaução e que contemple, além dos aspectos técnicos e financeiros, a necessidade inadiável de superar a situação de desigualdade e o processo de deterioração do meio ambiente (RATTNER, 2005).

Este capítulo visa discutir conceitos teóricos da IoT, TS e mostrar alguns projetos e pesquisas de avaliação desenvolvidos na área.

2.1 Internet das Coisas

A *International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector* (ITU-T) e o *European Research Cluster on the Internet of Things* (IERC) definem IoT como uma infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo o oferecimento de serviços avançados através da interligação de coisas (físicas e virtuais), com base nas tecnologias de informação e comunicação existentes e em evolução. Através da exploração da identificação, captura de dados, capacidade de processamento e de comunicação, a IoT faz pleno uso das coisas para oferecer serviços a todos os tipos de aplicações, garantindo que os requisitos de segurança e privacidade sejam cumpridos. A partir de uma perspectiva mais ampla, a IoT gera implicações tecnológicas e sociais (ITU-T, 2014).

O IERC, em (IEEE-SA, 2012), afirma que a IoT é uma infraestrutura de rede global dinâmica, com capacidade de autoconfiguração com base em protocolos de comunicação padronizados e interoperáveis, em que as coisas físicas e virtuais têm identidades, atributos físicos e personalidades virtuais, usa interfaces inteligentes e estão integradas na rede de informação.

Mark Weiser (1991), menciona que as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Weiser percebeu que a melhor utilização de uma ferramenta é quando o usuário não percebe que está utilizando-a, isto é, o usuário não percebe seu uso e dessa forma ele pode centrar mais atenção no trabalho que está realizando.

Como a IoT se expande para incluir as pessoas, os desenvolvimentos nos contextos

Figura 2 – Domínios de aplicação da Internet das Coisas

Fonte: Adaptada de (VERMESAM; FRIESS, 2012)

e ambientes terão a tarefa de compreender a experiência psicológica do usuário, até mesmo alguns conceitos sociais, mais profundamente do que fazem agora. Os serviços e aplicações devem aprender como as pessoas realmente interagem com as coisas e por que essas coisas são importantes para o desenvolvimento social.

2.1.1 Desenvolvimento de aplicações de IoT em diferentes domínios

A implantação de tecnologia para a IoT cria espaços tecnológicos e coisas com capacidades de reconhecimento de contexto nos ambientes das residências, dos prédios, de saúde, das fábricas, de transportes, da cadeia de fornecimento, dos serviços de campo, dos recursos, de segurança e supervisão, de monitoramento ambiental, da agricultura, do setor militar e infraestrutura pública, para o desenvolvimento de aplicações nos diferentes domínios com dados coletados (Figura 2). O monitoramento em saúde, por exemplo, tem o potencial de proporcionar uma grande diferença na vida de pessoas com doenças crônicas e, simultaneamente, diminuir uma fonte significativa de aumento nos custos de cuidados de saúde que elas representam. Na área de recursos, a capacidade de monitorar e controlar redes de energia elétrica e sistemas de água pode ter grandes impactos sobre a conservação de energia, as emissões de gases de efeito estufa e perda de água. Por meio de sensores pode-se coletar informações para agilizar as operações e atividades do setor público. Os dados dos sensores também podem ser utilizados para melhorar o policiamento nas cidades (VERMESAM et al., 2014).

De acordo com (XIANG; LI, 2012), as aplicações de IoT podem ser divididas em três grandes áreas:

I Social: Aplicações que envolvem o desenvolvimento e cuidados social, urbano e

humano, como por exemplo, serviços públicos de governo e *e-health*^{1 2}.

- II Ambiental: Aplicações que envolvem a proteção, monitoramento e desenvolvimento de recursos ambientais, por exemplo, aplicações na pecuária, agricultura, reciclagem de recursos e gestão de energia, dentre outros.
- III Industrial: Aplicações financeiras e comerciais entre companhias, organizações e outras entidades, por exemplo, aplicações de produção, logística, *banking*, gestão financeira e organização do governo.

Atzori (2010) agrupa os diferentes tipos de aplicações possíveis para IoT em quatro domínios distintos dos anteriores.

- Transporte e logística: Aplicações que envolvem meios de transporte de pessoas e de mercadorias, assim como aplicações para rodovias.
- Cuidados com a saúde: Aplicações para auxílio de cuidados com a saúde das pessoas.
- Ambientes inteligentes: Aplicações que tornam escritórios, casas, plantas industriais e ambientes de lazer inteligentes.
- Pessoal e social: Aplicações que habilitam o usuário a interagir com outras pessoas para manter e criar relacionamentos.

O projeto *Internet of Things Initiative* (IoT-I) (KOWATSCH; MAASS; MAYER, 2010-2012) desenvolveu uma pesquisa na qual 65 áreas de aplicação IoT foram identificadas e foram agrupadas em 14 domínios: transporte, casa inteligente, cidade inteligente, estilo de vida, comércio, agricultura, empresa inteligente, cadeia de suprimentos, emergências, cuidados de saúde, interação com o usuário, cultura e turismo e meio ambiente e energia. A pesquisa foi baseada em 270 respostas de 31 países e os cenários com maior interesse foram: casa inteligente, cidade inteligente, transporte e cuidados da saúde.

De acordo com (VERMESAM et al., 2012) os cenários, podem ser agrupados em 12 setores diferentes, mostrando como a IoT está se tornando uma revolução tecnológica.

- Cidade Inteligente

Nesse setor se desenvolve o monitoramento de espaços disponíveis para estacionamento, condições dos materiais em prédios, pontes e monumentos, barulho em tempo

¹ O termo *e-health* poderia eventualmente ser traduzido por saúde eletrônica, mas não parece uma alternativa que capture adequadamente o conceito envolvido. Neste trabalho serão utilizados os termos em inglês consagrados na literatura e, quando for necessário, definidos apropriadamente.

² *e-health* é qualquer aplicação da Internet, utilizada em conjunto com outras tecnologias de informação, focada na melhoria do acesso, da eficiência, da efetividade e da qualidade dos processos clínicos e assistenciais necessários a toda a cadeia de prestação de serviços de saúde.

real, automóveis e pedestres para otimização de rotas, adaptação inteligente da iluminação de ambientes, detecção de níveis de lixo e otimização das rotas de coleta e, por último, alertas e desvios nas estradas e rodovias conforme condições do clima e eventos inesperados.

- Ambiente Inteligente

Monitoramento de gases de combustão e definição de zonas de alertas para prevenção de condições de propagação de fogo, controle das emissões de CO₂, monitoramento do solo para prevenção de desastres naturais, controle distribuído em lugares específicos de tremores.

- Água Inteligente

Estudos de adequação da água em rios e no mar para a fauna e adequação para ser bebida, detecção de vazamento de líquido e variações de pressão, e monitoramento da variação dos níveis nos rios, nas represas e reservatórios.

- Medidores Inteligentes

Monitoramento e gerenciamento do consumo de energia, monitoramento dos níveis dos tanques de armazenagem de água, petróleo e gás, monitoramento e otimização da ação de plantas de energia solar, medição da pressão da água nos sistemas de distribuição, e medição de quantidade e peso de mercadorias.

- Segurança e Emergências

Controle de acesso a áreas restritas e detecção de pessoas sem autorização, detecção de líquidos em centros de dados, armazenagem, prédios sensíveis para prevenir avarias e corrosão, medição distribuída nas centrais nucleares para gerar alertas de fuga, detecção de níveis de gás e vazamentos em ambientes industriais ao redor de fábricas químicas.

- Comércio

Monitoramento de condições de armazenagem na cadeia de fornecimento e rastreamento de produtos, pagamentos com base na localização ou duração da atividade para transportes públicos, academias, parques, obter recomendação na venda de acordo com os hábitos, preferências, componentes alérgicos ou datas de vencimento, controle de rotatividade de produtos em prateleiras e armazenagem.

- Logística

Monitoramento da qualidade das condições de embarque, abertura, rompimentos para fins de segurança, pesquisa de itens individuais em armazenagens, detecção de incompatibilidade de armazenamento, seguimento de produtos delicados ou importantes como medicamentos.

- Controle Industrial

Autodiagnóstico e controle de máquinas, monitoramento de gases dentro de plantas químicas, controle de temperatura, monitoramento de níveis de ozônio durante o processo de secagem da carne em fábricas de alimento, posição interna dos ativos, autodiagnóstico dos veículos para oferecer, em tempo real, orientação aos motoristas.

- Agricultura Inteligente

Monitoramento do solo em vinhas para aumento da qualidade e controle do açúcar da uva, controle das condições climáticas para maximizar a produção de frutas e legumes com qualidade, irrigação seletiva de áreas secas para redução do gasto do recurso, estudo das condições meteorológicas para a formação de chuva, seca, neve ou mudanças do vento, controle da umidade e nível de temperatura para evitar fungos e outros contaminantes.

- Animais Inteligentes

Controle de condições de crescimento de filhotes em fazendas para garantir sua sobrevivência e saúde, localização e identificação de animais que pastam em áreas abertas ou localização em estábulos grandes, estudo de ventilação e qualidade do ar em fazendas e detecção de gases nocivos.

- Domótica e automação residencial

Monitoramento de consumo e abastecimento de água e energia para reduzir custos e gasto dos recursos, aparelhos que possam ligar e desligar remotamente para evitar acidentes e poupar recursos, detecção de abertura de portas e janelas para evitar intrusos e furtos, monitoramento das condições dentro dos museus e armazenagens de arte para uma boa preservação das obras.

- *e-Health*

Assistência para pessoas idosas ou com deficiências que moram sozinhas, controle das condições de armazenagem das vacinas, medicamentos e elementos orgânicos, monitoramento de sinais vitais nos centros de alto desempenho, monitoramento das condições dos pacientes dentro dos hospitais e em casas para idosos, medição dos raios solares Ultravioleta (UV) para informar as pessoas para não se exporem ao sol em determinadas horas.

Para o monitoramento e conhecimento dos ambientes as tecnologias necessárias já estão disponíveis individualmente, mas a sua aplicação enfrenta uma série de desafios, como a escolha de protocolos e linguagem de comunicação entre os diversos dispositivos. Para contornar essas dificuldades, se quer trabalhar com uma base comum para os sensores de IoT conectarem-se livremente, em um sistema colaborativo. No sistema colaborativo, a rede de sensores poderá ser usada simultaneamente por toda a infraestrutura de controle do ambiente. Além disso, os usuários podem consultar em tempo real diferentes subconjuntos

de dados da rede de sensores ligados aos domínios de aplicação (JOACHIM; WALEWSKI., 2012).

2.2 Tecnologia Social

É um conceito que remete para uma proposta inovadora de desenvolvimento, considerando a participação coletiva no processo de organização, desenvolvimento e implementação. Está baseado na disseminação de soluções para problemas voltados às demandas de alimentação, educação, energia, habitação, renda, recursos hídricos, saúde e meio ambiente, dentre outras.

As Tecnologias sociais podem aliar o conhecimento popular a organização social e o conhecimento técnico-científico. Importa essencialmente que sejam efetivas e reaplicáveis, propiciando desenvolvimento social em escala.

2.2.1 Inovação e Sociedade

A inovação é a transformação das sociedades e das pessoas, que se adaptam às mudanças decorrentes a dinâmica. Quando algumas profissões mudaram ou foram extintas pela revolução industrial, o trabalho longo, caro e especializado para a época, começou a ser substituído pelo uso dos aparatos mecânicos, o que propiciou à sociedade um desenvolvimento social e econômico. Na atualidade se tem convivido com o avanço da tecnologia computacional que tem provocado tanto a extinção de alguns tipos de trabalho humano como também tem proporcionado o surgimento de outros (TERRA; BATISTA; ALMEIDA, 2010).

Quando ocorre a mudança de um paradigma ou de um determinado padrão comportamental por meio da inovação tecnológica, a vida das pessoas tende a se modificar. Daí em diante, quanto mais tecnologia se desenvolve, mais transformado e dinâmico fica o trabalho dos usuários, uma vez que ao incorporá-la à realização das tarefas, não somente agregam novas formas de fazer, como também passam a trabalhar na velocidade com que os equipamentos funcionam (BOSCH; TAANMAN., 2006).

As inovações tecnológicas muitas vezes geram estresse em função da necessidade de adaptação do homem aos novos dispositivos, esse é proveniente da introdução da inovação na sociedade e muitas vezes se origina no mau uso da tecnologia, tanto pelos governos, quanto pela sociedade. Como exemplos de mau uso podem ser citados: a não inclusão digital, o desemprego estrutural, os problemas ambientais resultantes de técnicas ou de tecnologias que não privilegiam o desenvolvimento sustentável e o planejamento inadequado do desenvolvimento tecnológico (TERRA; BATISTA; ALMEIDA, 2010).

2.2.2 Tecnologia na sociedade

Um novo modelo de cooperação (máquinas e pessoas) conduz à formação de um sistema complexo, o qual compreende várias ferramentas e máquinas com funções diferentes funcionando como um megaorganismo. O modelo de cooperação propicia a invenção, que é um processo contínuo que procede da acumulação de mudanças, e pode ser descrita como uma nova combinação entre elementos pré-existentes (RATTNER, 2005). Esses elementos são bastante diversos e compreendem tanto dispositivos técnicos quanto os modos de condução desses dispositivos, o saber-fazer, informações e competências de que eles necessitam, a maneira pela qual estão ligados a outros aspectos da vida social e econômica, etc.

As causas da invenção são sociais e o progresso científico está raramente na origem das invenções pois ocorre frequentemente que as invenções precedam o desenvolvimento das ciências que estão associadas a elas. Essas causas se devem procurar em dois níveis, (1) a origem, a cultura, os inventores e os empreendedores e (2) um nível que compreende tanto fatores econômicos, culturais quanto demográficos. A evolução desses fatores gera novas necessidades tanto pela variação de diversos indicadores, quanto pela transmissão humana dos inventores ao público. A invenção nasce do encontro entre necessidades e recursos técnicos, científicos e econômicos, o que implica que certas invenções sejam oferecidas ao público antes de serem plenamente desenvolvidas. Ao difundir invenções, elas se tornam motor de mudanças sociais. O impacto social das tecnologias pode ser apreendido por métodos estatísticos que permitem relacionar a difusão de uma tecnologia com certo número de fenômenos sociais (MACHADO, 2006).

A TS se desenvolve como uma nova via analítica e explicativa dos processos tecnológicos, cujo principal objetivo é a relação entre o tecnológico e social. Isso precisa de uma alfabetização em ciência e tecnologia das pessoas, para que decidam informadamente, com pensamento crítico e independência intelectual.

2.3 Projetos desenvolvidos que trabalham com conceitos IoT e TS

A IoT tem recebido uma crescente atenção nos últimos anos devido ao seu potencial de mudança da vida diária do usuário. É possível encontrar ou desenvolver aplicações para todos os domínios de aplicação.

A *European Commission*, (EC) estimula a colaboração entre as partes interessadas de diferentes domínios, para a promoção de projetos de investigação e inovação com o objetivo de criar um ecossistema de diversos grupos interessados no tema o que é fundamental para o sucesso da IoT.

2.3.1 Projetos na Europa

Nos últimos anos o tópico da IoT vem adquirindo força em todo o mundo, mas com um maior desenvolvimento nas áreas de tecnologia, serviços, desenvolvimento social e integração com o cidadão em cidades europeias, devido ao apoio e interesse da EC que tem financiado projetos tais como *Advanced Sensors and lightweight Programmable middleware for Innovative Rfid Enterprise applications* (ASPIRE) (ASPIRE, 2009), HYDRA (EISENHAUER, 2014), *Internet of Things Architecture* (IoT-A) (KÜLZHAMMER, 2014), CASAGRAS2 (IOT-CASAGRAS, 2014), *Collaborative Open Market to Place Objects at your Service* (COMPOSE) (COMPOSE, 2014), *Building the Environment for the Things as a Service* (BETaaS) (BETAAS, 2014a), *EU ICT FP7 research project: Future Internet research and experimentation* (SmartSantander) (SMARTSANTANDER, 2014).

Os projetos foram desenvolvidos com objetivo de criar plataformas que suportem comunicações M2M, o uso de *Big Data* e uma integração entre objetos e pessoas.

Na sequência são apresentados os projetos mencionados.

- ASPIRE faz uma mudança do paradigma de implementação de RFID, através da introdução de um *middleware* gratuito para RFID e, ao mesmo tempo, colocando o *middleware* no centro das infraestruturas de RFID.
- HYDRA pesquisa, desenvolve e valida um *middleware* para sistemas embutidos em rede que permite que os desenvolvedores criem aplicações para ambiente inteligente, de alto desempenho e baixo custo para dispositivos físicos heterogêneos.
- IoT-A visou criar as bases arquitetônicas da IoT, permitindo integração de tecnologias heterogêneas em uma arquitetura coerente.
- CASAGRAS2 é um grupo chave de parceiros internacionais que representam a Europa, EUA, China, Japão, Coreia, Rússia, Índia, Malásia e Brasil, que se juntou à iniciativa estratégica *Framework Programme 7* (FP7) financiado pela União Europeia (UE) para avaliar os padrões globais, regulações e outras questões relacionadas com RFID e seu papel no desenvolvimento de IoT.
- COMPOSE: o objetivo do projeto é avançar o estado da arte, integrando a IoT, *Internet of Content*, em Português Internet de Conteúdo (IoC) e *Internet of Services*, em Português Internet dos Serviços (IoS) através de um mercado aberto, em que os dados podem ser facilmente publicados a partir de objetos conectados à Internet, compartilhados e integrados em serviços e aplicações .
- BETaaS projeta e implementa uma plataforma de execução para a implantação e desenvolvimento de aplicações M2M centrados em conteúdo, que se baseiam em uma

nuvem local de *gateways*. A plataforma proposta fornece uma interface e serviços uniformes para mapear informações com os recursos.

- SmartSantander é uma iniciativa de cidade inteligente que se encontra na Espanha. O projeto foi desenvolvido com o objetivo de transformar a cidade num laboratório vivo, um espaço de investigação e experimentação de novas tecnologias e aplicações para melhorar a qualidade e a gestão dos serviços prestados aos cidadãos.

IoT tem o potencial de aumentar a competitividade da Europa e é um importante motor para o desenvolvimento de uma economia e sociedade baseada na informação. Uma vasta gama de projetos de investigação e de aplicação na Europa foram criados em diferentes campos de aplicação. A comunicação entre esses projetos é um requisito essencial para a implementação de uma indústria competitiva de IoT e para preservação, observando os requisitos de segurança e privacidade na Europa.

O SmartSantander tem uma série de características que são modeladas por meio da combinação de todos os fatores que influenciam o progresso de uma cidade: econômico, político, social, ambiental, mobilidade e qualidade de vida. Eles estão se focando em direção a um modelo urbano que exige uma infraestrutura moderna para facilitar as atividades de seus habitantes. Pelo foco de trabalhar com fatores similares aos deste trabalho se detalhará um pouco mais o projeto.

De acordo com o objetivo do SmartSantander, a instalação de novas tecnologias foi concebida como uma ferramenta essencial para alcançar a liderança europeia na tecnologia de IoT, que permitirá à comunidade científica experimentar e avaliar os serviços e aplicativos para cidades inteligentes em condições da vida real. Com base no conceito de IoT, foram instalados 12.000 sensores (Figura 3) que permitem tratar a informação em tempo real, com objetivo de um funcionamento mais eficiente da vida urbana. Alguns resultados são já visíveis, as aplicações feitas são usadas pelos usuários, e foram desenvolvidas nos contextos da Figura 4: sistemas inteligentes de irrigação na gestão de parques e jardins; adaptação automática da intensidade da iluminação da via pública; sistemas de gestão de trânsito e estacionamento inteligente; aplicações tecnológicas para *smartphones* que disponibilizam informação sobre turismo, cultura, comércio, acessibilidades, esporte e eventos, e sistemas energeticamente eficientes em prédios públicos (MUNOZ, 2009). Hoje em dia, empresas e empresários de qualquer lugar do mundo podem desenvolver serviços aproveitando a infraestrutura implantada em Santander.

O desenvolvimento do projeto em Santander incluiu assuntos tanto tecnológicos quanto sociológicos. O projeto SmartSantander analisou, projetou e desenvolveu os serviços que foram interpretados como uma prioridade por parte das autoridades locais, governo regional e os usuários finais.

O projeto conta com vários tipos de nós espalhados pela cidade que formam uma

Figura 3 – Sensores em Santander

Fonte: Tomada de (MAPS, 2014)

Figura 4 – Contextos do SmartSantander

Fonte: Tomada de (MUNOZ, 2009)

rede de dados de temperatura, luz, ruído, gases no ambiente, tráfego, agricultura, nós móveis, sensores de estacionamento, etiquetas de realidade aumentada, sensoramento dos *smartphones* participativos e etiquetas de estacionamentos. Esses nós tem sensores de temperatura, aceleração, luminosidade, ruído, medida de CO, sensor de estacionamento (ocupado), umidade relativa, radiação solar, chuva, umidade de chão, velocidade do vento, pressão atmosférica, medida de NO₂, estado da camada de ozônio, localização, número de veículos e presença.

Os projetos apoiados pela UE estão no caminho de integrar países com desenvol-

vimento tecnológico para achar soluções às necessidades do usuário e melhorar o avanço social e econômico do país, conhecendo e usando os recursos disponíveis eficientemente. Alguns estudos feitos com o projeto de SmartSantander mostram propostas para trabalhar com dados de organizações sociais, para assim abranger e integrar a opinião de usuário para melhorar o sistema.

Não é só uma questão de introduzir tecnologias que contribuem para ter uma cidade cada vez mais moderna, o objetivo é transformar as cidades em espaços mais habitáveis. Trata-se de uma visão de integração da cidade, em que a sociedade precisa ser treinada para fazer uso das tecnologias e infraestruturas que a cidade disponibiliza.

2.3.2 Projetos na América Latina

O desenvolvimento dos projetos na América Latina é mais lento pelo pouco apoio que as organizações e governos dão ao progresso de novos estudos, mas no Brasil se conhecem projetos que trabalham com o conceito da IoT e estão em fase de implementação para ser oferecidos aos usuários.

Ampla é a empresa de distribuição de energia elétrica no estado de Rio de Janeiro e fornece a eletricidade a 73% dessa população. A empresa tinha taxas elevadas de roubo de energia pelo crescimento da urbanização do estado, problemas na gestão financeira pelo alto número de atraso de pagamento dos usuários e manipulação nos contadores pela localização deles dentro das casas, que resulta num serviço ruim para os usuários, pelo fator de qualidade baixo e alto custo do serviço. Por esse motivo, a empresa no ano de 2003 mudou os medidores de energia nas casas para medidores inteligentes (*smart metering*) próximos aos transformadores. Atualmente a empresa utiliza também tecnologias móveis para envio das informações do consumo ao usuário (ACCENTURE; CISCO, 2011). Com o controle obtido pelo uso de dispositivos e tecnologias novas implantadas pela Ampla, a qualidade do serviço fornecido ao usuário melhorou e o custo diminuiu porque agora esse custo é o consumo da energia real.

O Brasil desperta alto interesse em relação ao avanço dos tópicos de tecnologia, necessidades e impacto para a sociedade, e por isso vários países tomaram ideias e as implementaram, como foi o caso do serviço de transferência rápida de ônibus implantada 30 anos atrás em Curitiba (PARDO, 2009). Há protótipos de projetos introduzidos em cidades brasileiras e em países de América Latina o que facilita a realização de estudos que levem a propostas de uma integração e interação com o usuário, para identificação, modificação e melhoramento dos serviços e necessidades em diferentes domínios.

Um exemplo de projeto introduzido em um país de América Latina é o chamado *TransMilenio* desenvolvido na Colômbia. A rede do *TransMilenio* está inspirada na Rede Integrada de Transporte de Curitiba, mas com algumas melhorias que permitiram ao *TransMilenio* contar com uma capacidade de transporte de passageiros superior à de

Curitiba. A principal melhoria é que os ônibus transitam por canaleta segregada, sem cruzamentos em nível, com duas faixas em cada direção, permitindo assim ultrapassagem entre os veículos, o que possibilitou a operação de linhas expressas na faixa adicional, conseguindo atingir velocidades de operação maiores que as de Curitiba (S.A., 2014).

2.4 Estudos de avaliação dos desenvolvimentos IoT na sociedade

Pela adoção de aplicações tecnológicas para a melhora dos serviços nas cidades, surgiram estudos e pesquisas de avaliação.

2.4.1 Estudos a nível mundial

Estudos a nível mundial avaliam as diversas soluções oferecidas por aplicações por meio de pesquisas feitas com usuários através de redes sociais. A empresa espanhola Indra fez uma pesquisa na qual coletou as diversas opiniões dos usuários sobre os serviços oferecidos em sua cidade de residência. Os temas das questões foram: tempo de deslocamento ao trabalho, percepção da segurança, pronta resposta para emergências, qualidade de serviços públicos, nível de sustentabilidade, serviços administrativos eletrônicos e limpeza, esses foram avaliados em uma escala de 0 a 10 (INDRA, 2014). Os resultados (Figura 5) desse estudo mostram que os continentes com melhor qualidade de serviços são Europa e Ásia à frente da África e da América, sobretudo da América Latina.

Figura 5 – Pontuações médias da pesquisa feita pela Indra

	Time spent commuting to work (in minutes)		Perception of security in your city		Rating of response to emergency situations
Africa	58.75 ▼		4.13 ▼		3.50 ▼
America	57.69		4.51		4.47
Asia	54.10		5.98		5.55
Europe	38.07 ▲		7.05 ▲		6.72 ▲
Total overall	45.83		6.06		5.84

	Quality of healthcare service		How do you rate the level of sustainability in your city?		e-governance in your city		Cleanliness in your city
Africa	4.88		4.38 ▼		3.13 ▼		3.88 ▼
America	4.40 ▼		4.78		4.22		4.90
Asia	5.71		6.29 ▲		4.60		5.48
Europe	6.49 ▲		5.39		5.54 ▲		5.75 ▲
Total overall	5.68		5.18		5.02		5.42

Fonte: Tomada de (INDRA, 2014)

2.4.2 Estudos na América Latina

Figura 6 – *Ranking* das 8 cidades da América Latina

Fonte: Tomada de (COHEN, 2013)

Na Figura 6 mostra-se o resultado da pesquisa que estabelece o *ranking* das 8 cidades inteligentes da América Latina (COHEN, 2013). A ilustração mostra as aplicações criadas em domínios de governo, vida, mobilidade, ambiente e sociedade. Duas cidades brasileiras estão inclusas neste *ranking*, Rio de Janeiro e Curitiba, o que mostra a importância que diversos setores estão dando à viabilidade do novo tema da IoT no país.

Esses estudos permitem visualizar e medir o conhecimento do desenvolvimento dos serviços percebidos pelos usuários, mas são insuficientes para identificar as necessidades e prevenir a ocorrência de problemas futuros nos diversos domínios. O foco atual é de

apenas medir o desempenho tecnológico o que é um erro para se acompanhar o impacto da implantação de serviços e aplicações da IoT nos ambientes.

3 Identificação de necessidades, conhecimento do contexto e integração do usuário ao sistema

Este capítulo determina uma possível via de identificação de necessidades, conhecimento do contexto e integração do usuário ao sistema, a partir do escopo do trabalho, definido no Capítulo 1 e da revisão realizada no Capítulo 2.

Nos últimos anos, a disponibilidade de tecnologias que viabilizaram a interação entre o mundo virtual e o mundo físico/real fez com que fossem desenvolvidas preocupações e necessidades sociais. As preocupações e necessidades sociais podem ser agrupadas em: saúde e bem estar, transporte e mobilidade, segurança pessoal e proteção de dados, energia e ambiente, comunicação e *e-society*¹. Nesses grupos surgiram oportunidades de elaboração de diversas aplicações que se beneficiaram do uso crescente de elementos tecnológicos como circuitos integrados, rede de comunicações e software (VERMESAM et al., 2014).

É importante também considerar o crescimento da população que acarreta problemas no oferecimento dos serviços e distribuição dos recursos, para diferentes regiões e usuários. Os problemas são percebidos pelos usuários e são comprovados por dados obtidos de pesquisas sociais. Esses problemas dependem das características dos usuários e dos recursos e bens que a região tem. No Capítulo 2 se descreveram os domínios identificados pela IoT e as aplicações desenvolvidas neles. Pela análise da literatura disponível, também se observa que algumas das aplicações mencionadas já foram desenvolvidas e avaliadas em diversos países da Europa e América do Sul, mas pode-se supor pelas avaliações de pesquisas, que a implantação de aplicações e serviços foi realizada sem prévio conhecimento das características do contexto, dos recursos e do que realmente pode ser uma necessidade prioritária para os usuários e a sociedade.

Nas aplicações dos domínios descritos no Capítulo 2 pode-se observar uma formação de relações entre dados coletados do ambiente e áreas de aplicações da IoT. Essas relações dependem do conhecimento do contexto no qual se quer desenvolver um serviço.

Na Figura 7 se propõem níveis de ligação entre os domínios e o contexto, representados numa matriz, onde a tecnologia IoT gera funções para que serviços sejam desenvolvidos e oferecidos aos usuários. Têm-se algumas interações com maior nível de ligação pois algumas delas dependem diretamente das áreas de aplicação para a eficaz e efetiva disseminação no ambiente (VERMESAM et al., 2014). As ligações representam a importância

¹ *e-society* pode-se definir como uma sociedade que faz uso efetivo das redes de comunicação e aplicação de informática.

Figura 7 – Matriz de relação entre áreas de aplicação e ecossistemas

ECOSSISTEMAS ÁREAS DE APLICAÇÃO	Transporte	Infraestrutura Pública	Saúde	Shoppings	Recursos	Aprendizagem	Residências e Prédios
Eventos	***	***	***	***	***	***	***
Cidades	***	***	**	***	***	***	***
Rede de energia ativa (Smart Grid)		***		**	***		**
Entidades que usam recursos inteligentes (Smart Entities)	*	***	**	**	***	**	**
Sistemas tecnológicos de aprendizado	**	***	*			***	
Espaços tecnológicos	**	***		***	**	**	***

(*) Representação do Nível de ligação ÁREA DE APLICAÇÃO - ECOSISTEMA

Fonte: Autora

e dependência dos recursos e conhecimentos que se precisam para o desenvolvimento de uma aplicação em um domínio.

3.1 Conhecimento de contexto e necessidades

Para o conhecimento do contexto e identificação de necessidades, existem instituições de levantamento estatístico de dados sociais em cada país. Essas informações estatísticas oferecem uma visão atual do país, e as instituições realizam a coleta, análise e consolidação das informações, incluindo informações geográficas, geram documentação e disseminam as informações além de coordenar os sistemas estatísticos e cartográficos.

O desenvolvimento de aplicações e serviços da IoT pode ser melhorado, trabalhando-se em conjunto com as informações que as instituições sociais de levantamento estatístico oferecem, pois tais instituições oferecem um conhecimento prévio à implantação desses desenvolvimentos

No estudo feito por Giffinger (2007) criou-se um sistema de medição do desenvolvimento de aplicações e serviços nos contextos de cidades europeias de tamanho médio. Para a identificação do nível do avanço tecnológico, o estudo identificou 74 indicadores os quais foram classificados hierarquicamente em 31 fatores, Figura 8, e 6 características na Figura 9.

Nas Figuras 8 e 9 podem-se observar as características com as quais o sistema trabalha realizando um estudo de avaliação da competitividade, capital social e humano, participação, transporte e Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), recursos naturais e qualidade de vida. Além disso são mostrados os fatores incluídos. A lista completa de indicadores se encontra no Anexo A. Tais características facilitam a análise da evolução de uma cidade que utiliza as novas TICs para se tornar uma cidade inteligente e tecnológica.

Figura 8 – Fatores dos indicadores de Rudolf Giffinger

ECONOMIA INTELIGENTE (Competitividade) <ul style="list-style-type: none"> • Espírito inovador • Empreendedorismo • Imagem econômica e marcas comerciais • Produtividade • Flexibilidade de mercado de trabalho • Inserção internacional • Habilidade de transformação 	GENTE INTELIGENTE (Capital humano e social) <ul style="list-style-type: none"> • Nível de qualificação • Afinidade à aprendizagem ao longo da vida • Pluralidade étnica e social • Flexibilidade • Criatividade • Cosmopolitismo/Mente aberta • Participação em vida pública
GOVERNO INTELIGENTE (Participação) <ul style="list-style-type: none"> • Participação em tomadas de decisões • Serviços públicos e sociais • Governo transparente • Estratégias políticas e perspectivas 	MOBILIDADE INTELIGENTE (Transporte e TIC) <ul style="list-style-type: none"> • Acessibilidade local • Acessibilidade internacional • Disponibilidade de infraestrutura TIC • Sistemas de transporte sustentáveis, inovadores e seguros
AMBIENTE INTELIGENTE (Recursos naturais) <ul style="list-style-type: none"> • Condições naturais atrativas • Poluição • Proteção do ambiente • Gerenciamento de recursos sustentáveis 	MODO DE VIDA INTELIGENTE (Qualidade de vida) <ul style="list-style-type: none"> • Facilidades culturais • Condições para a saúde • Segurança individual • Qualidade de moradia • Facilidades educacionais • Atrações turísticas • Coesão social

Fonte: Adaptada de (GIFFINGER et al., 2007)

Figura 9 – Áreas de aplicação dos indicadores de Rudolf Giffinger

Fonte: Adaptada de (GIFFINGER et al., 2007)

Os autores em (GIFFINGER et al., 2007) definem um sistema de indicadores para avaliar e estabelecer um *ranking* de cidades inteligentes, as informações de cada indicador são obtidas de um nível específico, local, regional ou nacional. As informações obtidas pelos indicadores se podem tornar um importante instrumento de melhora e implantação

de serviços para o usuário, pois uma preocupação da IoT é não deixar de lado fatores como a satisfação do acesso ao sistema educativo ou a percepção de risco pessoal de pobreza, as quais não têm relação direta com as infraestruturas tecnológicas mas têm a mesma importância porque todos têm consequências na vida dos usuários.

Uma região que deseje implantar aplicações que resolvam necessidades e melhorem os serviços oferecidos a seus usuários deve trabalhar conjuntamente com organizações de levantamento estatístico de dados para conseguir o alinhamento da IoT e, mais importante, ter uma aceitação e um uso contínuo do sistema pelo usuário.

Dos projetos mencionados na Seção 2.3.1, em Santander se está trabalhando em um estudo de indicadores e análises da acessibilidade aos serviços e aplicações. Esse estudo é realizado pelo Centro de referência Estatal de Autonomia Pessoal e Ajudas Técnicas (CEAPAT) (RODRÍGUEZ-PORRERO; GONZÁLEZ, 2014), uma organização que tem como objetivo fazer cumprir os direitos das pessoas deficientes e idosos, por meio da inclusão social com base em dispositivos e tecnologias de apoio e com um desenvolvimento para todas as pessoas. Esse estudo começa a incluir e trabalhar com fatores de tecnologia e sociedade conjuntamente. Pretende viabilizar e reproduzir a interação e integração entre os usuários, o contexto e as aplicações/serviços em novos projetos desenvolvidos em uma região.

Na América Latina, especificamente no Brasil, os institutos que coletam, processam e geram dados para conhecimento do contexto e descoberta de necessidades dos usuários são o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (IBGE, 2014) e Instituto de Tecnologia Social (ITS) (BRASIL, 2014). O primeiro tem como objetivo fornecer dados e informações do país em níveis local, regional e nacional e o segundo promove a criação de tecnologias para o interesse social e compartilhamento do conhecimento, ele vem trabalhando na ampliação do acesso ao sistema de ciência, tecnologia e inovação para o fortalecimento da cidadania e a inclusão social.

No entanto, verifica-se uma falta de integração do usuário a todo o processo de desenvolvimento e avaliação das aplicações e serviços na IoT. Encontram-se pesquisas e estudos de avaliação de aplicações com os usuários mas se percebe uma falta de conhecimento das necessidades do contexto vividas cotidianamente por eles.

3.1.1 Estudos feitos por instituições no Brasil

Conforme mencionado na Seção 3.1 há estudos estatísticos feitos pelo IBGE e estudos de caso de contextos, problemas e necessidades documentados pelo ITS. Esses estudos identificaram um problema de alta prioridade, a inclusão social, inclusão não só de pessoas com deficiências, mas também fez referência a cidades satélites e ao acesso a serviços e informações para o usuário.

No estudo descrito em (SOCIAL, 2007), se identificaram problemas da comunidade que foram classificados em níveis de prioridade. O estudo é baseado em pesquisas com itens propostos pelos usuários e criados por um grupo de moradores treinados pelo ITS. Isso influiu positivamente na participação porque as pessoas que integraram o estudo não eram desconhecidos e conviviam diariamente com os mesmos problemas e necessidades. Os resultados do estudo mostram que, com participação e conhecimento dos usuários, a região e comunidade chegam a um desenvolvimento eficaz.

O problema descrito em (SOCIAL, 2007) começa em novembro de 2005. A ponte que conecta cidades satélites da zona sul de São Paulo cai por causa de um vazamento e posterior rompimento da tubulação do serviço de água na região das Avenidas Baronesa e Cumbica. Essa ponte era a única via de acesso de alguns bairros localizados perto da represa Guarapiranga. Os moradores da região só conseguiam sair a pé. Os moradores se encontraram isolados não tinham serviço de ambulância, bombeiros, ou qualquer transporte. Para as pessoas que não moravam nessa região, esse acontecimento era algo da rotina da periferia paulistana, afetada pela época de chuvas de verão. Para as pessoas afetadas, esse acontecimento teve outro sentido, pois mostrou o que viviam e que precisavam resolver o isolamento da região por ser parte rural. O significado de construir pontes foi algo que se aprendeu desse episódio, pois as pontes não eram só de asfalto, também eram a principal via para as pessoas acessar as instituições. Pelos diferentes conhecimentos e competências, na visão dos moradores, se conseguiram desenvolver projetos locais participativos com tecnologia social.

Para a solução do problema de inclusão da região foram necessários desenvolvimentos em diversos contextos como: mobilidade, qualidade de vida e ambiente. Com o estudo de fatores de contextos pode-se ver a importância, vantagens e benefícios que trazem à evolução da cidade e à integração do cidadão.

3.2 Proposta de integração de dados e informações do usuário ao sistema de desenvolvimento de aplicações e serviços de IoT

A integração de tecnologia ao ambiente precisa também de uma proposta de integração do usuário em todo o processo, para que eles observem e conheçam os benefícios que a tecnologia traz e como ela pode melhorar a descoberta de soluções para diversos problemas e prevenção deles.

No problema descrito pelo ITS as pesquisas foram feitas de forma tradicional, isto é, por meio de questionários respondidos pelos moradores da região. Isso pode ser mudado pelo uso de redes sociais e as diversas opções que elas fornecem, como relacionar informações de localização, serviço ou evento, e conteúdo. Por exemplo, um usuário pode compartilhar localização por uma aplicação como Foursquare (FOURSQUARE, 2014), comentar sobre

o serviço ou evento que ali acontece com uma mensagem no Twitter (TWITTER, 2014) e compartilhar sua opinião de tudo isso com a facilidade de um *smartphone*, *tablet* ou outro dispositivo móvel. Essa mudança permite relacionar as informações para uma melhor definição da especificação de aplicações ou serviços de desenvolvimento IoT.

Os estudos estatísticos disponíveis constituem base viável para se trabalhar na integração de dados sociais e tecnologia. Os indicadores provêm conhecimento dos domínios e contextos mas o principal passo consiste no ensino e aceitação dos dispositivos tecnológicos pelos usuários, pois sem isso é quase impossível obter um ciclo de desenvolvimento eficaz e sustentável para a região.

Para a integração dos dados subjetivos a uma arquitetura IoT, se introduz no sistema de desenvolvimento e implantação de serviços um método de descoberta de necessidades a partir de diversas fontes de informação, como dados digitais obtidos por sensores no ambiente, dados de redes sociais, obtidos da interação do usuário com dispositivos tecnológicos e dados e informações analógicas fornecidos pelas instituições de levantamento estatístico. Além disso, se discute a necessidade de se introduzir mecanismos de avaliação em diversas partes do sistema.

Quer-se, com este estudo, chegar a uma mudança de foco na implantação e avaliação das aplicações e serviços, por meio da integração de informações subjetivas.

3.3 Uso de recursos matemáticos para propor soluções para problemas de acesso aos serviços

Com o conhecimento dos problemas e necessidades de contexto se pode pensar em dois tipos de possíveis problemas. O primeiro pode ser como o descrito pelo ITS que pode ser chamado de problema estático, pois as necessidades sempre existiram para os moradores da região, mas pela disponibilidade de uma via de acesso, eles não reconheciam a necessidade de se investir no desenvolvimento da região. Nesse cenário, antes da queda da ponte o usuário não se importava com a deslocamento que tinha que fazer para acessar algum serviço, nem percebia como a ponte era um nó crítico entre a região em que morava e a possibilidade de uso de serviços fixos como hospitais, escolas, espaços de lazer, entre outros.

A solução para esse tipo de problema é fixa pois depende de achar pontos ou nós críticos e prover uma via de caminhos alternativos para o acesso aos serviços. O segundo tipo de problema decorre de acontecimentos não frequentes relativos ao usuário e os serviços. São problemas que precisam de uma solução dinâmica porque vão depender de eventos e comportamentos atípicos como, por exemplo, aquele em que um usuário precise de atenção médica especializada, por ter uma dor no peito e ter alguma doença do coração, ou ter sofrido uma queda com fratura. Nesses casos a solução tem que oferecer o caminho

mais curto para o acesso ao serviço, precisa conhecer os estados dos serviços e a quais o usuário tem direito e oferecem bom atendimento podem solucionar a ocorrência.

3.3.1 Identificação de nós críticos para o acesso aos serviços

A solução de problemas estáticos consiste na descoberta da localização dos serviços utilizados cotidianamente e dos trajetos que o usuário faz para uso desses. Com essas informações, fazer um estudo baseado em teorias matemáticas para identificar pontos críticos, oferecer recomendações de distribuição de localização dos serviços e pontos alternativos para diminuir a dependência dos pontos críticos e criar possibilidades de apoio no caso de surgir algum problema, garantindo ao usuário o acesso aos serviços em todos os momentos.

Para a obtenção dos dados de serviços precisa-se identificar o contexto por meio de sensores, enviar informações ao sistema e uma arquitetura de processamento que otimize o tempo de análise e encontre uma solução adequada à necessidade.

3.4 Interação do usuário e IoT

Os métodos matemáticos permitem identificar as necessidades dos usuários e prevenir problemas, mas, para integração e desenvolvimento técnico das aplicações e serviços, precisa-se adotar alguma arquitetura e plataforma desenvolvida para IoT que permita o trabalho conjunto das ferramentas propostas com os dados fornecidos dos dispositivos por fontes diferentes.

A pesquisa bibliográfica feita no Capítulo 2 sobre projetos desenvolvidos na Europa também encontrou diversos estudos e projetos que trabalham e propõem plataformas de desenvolvimento de aplicações e arquiteturas que permitem a integração e comunicação entre dispositivos diferentes.

Alguns modelos de referência de arquiteturas e plataformas de desenvolvimento de serviços IoT de interesse são:

3.4.1 IoT-A

Esse modelo de referência para IoT provê um alto nível de abstração para a definição do modelo de referência arquitetural. Ele promove um entendimento geral do universo da IoT. A descrição do modelo de referência inclui uma descrição geral sobre o universo da IoT, um modelo de domínio que descreve aplicações em alto nível, um modelo de informação que descreve os dados a serem processados, e um modelo de comunicação para descrever os esquemas de interação entre objetos inteligentes (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

A arquitetura de referência para IoT é usada na construção de arquiteturas específicas para IoT. Conforme se observa, ela provê visões e perspectivas sobre diferentes aspectos arquiteturais respeitando definições, implementações e padrões já existentes. O modelo do IoT-A é composto por um modelo de referência para IoT e um modelo de referência arquitetural. O modelo de referência consiste de uma série de submodelos, que compõem um conjunto dos aspectos importantes de projeto para IoT (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

A Figura 10 ilustra as entradas e dependências entre o modelo e a arquitetura de referência para IoT (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

Figura 10 – Taxonomia, influências e dependências entre o modelo de referência para IoT e arquitetura de referência para IoT.

Fonte: Tomada de (JOACHIM; WALEWSKI, 2012)

A Figura 11 ilustra as interações e o conjunto de submodelos do modelo de referência (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

Figura 11 – Interações entre os submodelos do modelo de referência para IoT.

Fonte: Tomada de (SOUZA, 2016) (JOACHIM; WALEWSKI, 2012)

- Submodelos do modelo de referência IoT

- Modelo de domínio que descreve todos os conceitos relevantes para a IoT.
- Modelo de informação foi desenvolvido como uma estrutura de todas as informações que são manipuladas em um sistema da IoT, em um nível conceitual, sem discutir como ele deverá ser representado. As informações pertinentes aos conceitos de domínio são modeladas. As informações sobre os dispositivos, serviços ou entidades virtuais são explicitamente recuperadas, armazenadas e processadas em um sistema de IoT.
- Modelo funcional identifica grupos de funcionalidades, em muitos casos, relativos aos principais conceitos do modelo de domínio. Esses grupos funcionais são construídos um em cima do outro. Um grupo funcional provê as funcionalidades para interação com as instâncias desses conceitos ou gerencia as informações relacionadas aos conceitos. As funcionalidades de gerenciamento de informação usam o modelo de informação da IoT como a base para estruturar suas informações.
- Modelo de comunicação introduz conceitos para a complexa manipulação da comunicação em ambientes da IoT heterogêneos. A comunicação constitui um grupo funcional no modelo funcional.
- A segurança e privacidade são de suma importância em ambientes típicos da IoT. As funcionalidades relevantes e suas interdependências e interações são introduzidas no modelo de segurança.

O modelo de referência tem o objetivo de definir uma base e linguagem comum para arquiteturas e sistemas da IoT. A base do modelo de referência para IoT é o modelo de domínio, que introduz os principais conceitos de IoT, como dispositivos, serviços e entidades virtuais, e as relações entre eles (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

O modelo de arquitetura é designado como uma referência para a construção de arquiteturas IoT que possuem necessidades específicas. Essa arquitetura segue uma abordagem de visões e perspectivas. A arquitetura proposta considera os seguintes aspectos (JOACHIM; WALEWSKI, 2012):

- Elementos Funcionais
- Interação entre os elementos
- Gerenciamento de Informação
- Características Operacionais
- Desenvolvimento do Sistema

A arquitetura de referência IoT-A propõe as seguintes visões:

- **Visão Funcional**

A visão funcional é definida pela aplicação da decomposição funcional. Os requisitos são mapeados, os requisitos com funcionalidades semelhantes são agrupados e os componentes funcionais são definidos para esses requisitos. No final os componentes funcionais são refinados, após discussões técnicas (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

- **Visão de Informação**

Uma das principais propostas de conexões e objetos inteligentes na IoT é a troca de informações entre cada objeto com os sistemas externos. Sendo assim, a maneira como definir, estruturar, armazenar, processar, gerenciar e trocar as informações é de extrema importância. A visão de informação provê uma visão geral sobre estruturas de informações estáticas e fluxos de informações dinâmicas (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

- **Visão de Desenvolvimento e Operação.**

A visão de desenvolvimento e operação tem por objetivo prover aos usuários do modelo de referência de IoT-A um conjunto de manuais, de modo a guiá-los entre os diferentes projetos e escolhas. Para isso, essa visão discute, a partir de descrições de serviços e identificações de diferentes elementos funcionais, a seleção de inúmeras tecnologias disponíveis na IoT para a construção e desenvolvimento de aplicações (JOACHIM; WALEWSKI, 2012).

3.4.2 COMPOSE

O COMPOSE propõe uma plataforma de mercado, no qual os dados dos objetos conectados a Internet sejam publicados, compartilhados facilmente entre os serviços e aplicações. A plataforma facilitará toda a tecnologia necessária e gerenciará aspectos dos objetos, serviços e sua integração. Na Figura 12 se pode observar a proposta do projeto COMPOSE (MANDLER, 2013b).

De acordo com a especificação técnica, o COMPOSE permite que novos serviços possam integrar o mundo real e virtual através da convergência da IoS com a IoT. Propõe uma infraestrutura de mercado aberta e escalável, em que os objetos inteligentes estão associados aos serviços que podem ser criados, gerenciados e integrados de forma padronizada para facilmente e rapidamente construir aplicações inovadoras. Ele combina elementos da IoS e da IoC e cria um novo ecossistema de negócio. Ele também inclui vários casos de uso, entre os quais aborda questões relacionadas com o setor público (MANDLER, 2013b).

No desenvolvimento do COMPOSE o modelo de referência de arquitetura IoT-A foi utilizado como referência e inspiração para o projeto da arquitetura do sistema, tanto em termos de componentes funcionais, quanto as melhores práticas. Existe um mapeamento

Figura 12 – Infraestrutura de mercado proposta no COMPOSE.

Fonte: Tomado de (MANDLER et al., 2013)

de alto nível da arquitetura COMPOSE para o modelo de referência de IoT-A, de acordo com as diferentes visões.

Modelo de referência: da mesma forma que a IoT-A, o cenário de referência é o da interação de um usuário com um objeto *web* (entidade física) por meio de uma aplicação. Entidades físicas são acessadas por objetos digitais de serviço (entidades virtuais). De acordo com o modelo de referência arquitetural IoT-A, no COMPOSE o modelo de domínio, caracteriza os principais elementos do domínio da arquitetura (objetos *web*, objetos de serviço, serviços e aplicações), o modelo de informação especifica e inclui a descrição semântica de cada elemento constitutivo, e o modelo funcional descreve as especificações de grupos de funcionalidades requeridas pela plataforma, incluindo descoberta de serviços, composição de serviços e segurança. Da mesma forma que a IoT-A, três tipos básicos de objetos da *web* são considerados no COMPOSE: sensores, atuadores e etiquetas, em que cada um deles pode variar em termos de detecção, computação e capacidades de comunicação.

Em particular, o modelo de domínio do COMPOSE detalha as entidades envolvidas em um aplicativo genérico da IoT disponibilizado por meio do mercado do COMPOSE. Essa camada da arquitetura define todos os principais componentes da plataforma do COMPOSE e suas interações, independente de qualquer aplicação ou tecnologia específica.

O modelo de informação do COMPOSE define como os objetos da *web* são representados e modelados. Isso inclui as estruturas de dados que serão gerenciados e os fluxos de informação entre os componentes. Além disso, define a notação semântica necessária para facilitar a descoberta de serviços e recomendações.

O modelo funcional detalha as funcionalidades e seu agrupamento, que serão fornecidas pela plataforma, a fim de assegurar um bom funcionamento do sistema, bem como dos serviços relacionados.

No modelo referência, o que na IoT-A são entidades físicas e entidades virtuais, no COMPOSE são objetos web e objetos de serviço respetivamente.

A arquitetura do COMPOSE está totalmente alinhada com a arquitetura de referência da IoT-A. Na Tabela 1 se mostra o mapeamento dos componentes da arquitetura de COMPOSE nos componentes funcionais da arquitetura de referência IoT-A (MANDLER, 2013a).

Tabela 1 – Componentes arquiteturais do COMPOSE

IoT-A	COMPOSE
Comunicação	Infraestrutura escalável de comunicação, endereçamento e <i>routing</i> e gerenciamento de <i>gateways</i> .
Entidades virtuais	Registro, monitoração e execução de serviços
Serviço IoT	Módulos de objetos e gerenciamento de serviço
Serviços de organização	Recomendação, descoberta, composição dinâmica e orquestração de serviços
Processo de gerenciamento de negócio IoT	Confiabilidade e prestação de contas
Segurança	Autorização, gerenciamento de troca de chaves, autenticação, fonte e confiabilidade
Gerenciamento	Desenvolvimento de serviços, gerenciamento da <i>Quality of Service</i> , em Português, Qualidade de Serviço (QoS) e auto escalabilidade

Fonte: Adaptado de (MANDLER, 2013a)(JOACHIM; WALEWSKI., 2012)

3.4.3 BEtaaS

O projeto oferece uma plataforma de serviços para a IoT M2M sobre uma nuvem local de *gateways*. A plataforma BETaaS é *open source* e atingiu os seguintes objetivos: i) facilitar as contribuições da comunidade de programadores; ii) permitir que os prestadores de serviços M2M se concentrem nos aspectos específicos do aplicativo, sem a necessidade de trabalhar em características individuais dos dispositivos, o que reduz os custos de desenvolvimento e tempo de colocação no mercado.

A plataforma para a implantação e execução de aplicações M2M centrados em conteúdo se baseia em uma nuvem local de *gateways*. A plataforma fornece uma interface e serviços uniformes para mapear informações com os recursos. A implantação de serviços para a execução de aplicações é dinâmica e leva em conta os recursos computacionais dos dispositivos físicos, Figura 13. Para esse objetivo, a plataforma se baseia em um adequado modelo de IoT, que permite a integração dos componentes BETaaS dentro do ambiente da Internet.

A arquitetura BETaaS garante que todos os recursos e funcionalidades necessárias sejam fornecidas pela implementação da plataforma. O processo para a definição da

Figura 13 – Infraestrutura proposta no BETaaS.

Fonte: Tomada de (BETAAS, 2014b)

arquitetura seguiu uma abordagem de cima para baixo, tendo em conta os requisitos, cenários, o modelo e os recursos de definição de modelo *Things as a Service*, em Português Coisas como Serviços (TaaS). Com essas entradas como ponto de partida, as seguintes etapas foram realizadas:

- Identificar funcionalidades: tendo em conta os recursos a serem fornecidos, identifica as funcionalidades associadas a esses recursos.
- Identificar os componentes principais: funcionalidades do grupo e identifica os componentes que implementa, bem como as possíveis relações entre os componentes.
- Definir APIs: determina quais interfaces devem ser fornecidas por cada componente na arquitetura.
- Detalhar componentes e interações: elabora componentes identificados e especifica com detalhes as interações entre os componentes, no contexto das ações a serem realizadas em cenários.

Os principais conceitos que usaram para a definição da arquitetura foram:

- Usar dados enviados pelos requisitos, cenários, o modelo e as capacidades conceituais da plataforma.
- Habilitar modularidade, tanto quanto possível, para gerenciar facilmente a forma de lidar com a configuração de *gateways* diferentes e funcionalidades de agrupamento.
- Habilitar operação ágil e confiável da plataforma, para que possa ser escalável e flexível.

No BETaaS se utiliza um modelo de camadas para manter componentes diferentes em camadas distintas. Isso significa que alguns componentes pertencem à camada de serviço, à camada de TaaS e outros à camada de adaptação. É possível que alguns componentes usem capacidades fornecidas em mais de uma camada mas, nesse caso, esses componentes têm subcomponentes que trabalham apenas com uma camada. Isso facilita a rastreabilidade e também permite a possibilidade de ter vários *gateways* de configuração, de modo que um *gateway* não precise implementar os componentes de cada uma das camadas.

O projeto demonstra uma preocupação ante a modularidade para com isso tornar mais fácil a implementação e manutenção do código, agrupando a implementação de funcionalidades em componentes.

Dependendo dos recursos do *gateway*, é possível implantar apenas alguns componentes, o que limita as capacidades desses *gateways* BETaaS (ou seja, a desativação de virtualização ou de análise de *Big Data*). Além disso, se o *gateway* integra apenas algumas camadas, somente os componentes pertencentes às camadas necessárias são implementados, a implementação de outras camadas deve ser fornecida por outro software, proprietário ou não. O BETaaS está focado no processo de negócios e na comunicação e integração de dispositivos.

Figura 14 – Componentes e as relações na arquitetura do BETaaS.

Fonte: Tomada de (BETAAS, 2014b)

Na Figura 14 se mostram os principais componentes e as relações deles na arquitetura do BETaaS. Os dois principais componentes são o *TaaS Resources Manager* e o *Things Adaptor*. O diagrama destaca o mapeamento entre os componentes identificados e as camadas a que eles pertencem.

Embora a Figura 14 inclua algumas informações sobre o mapeamento entre os componentes, as capacidades e funcionalidades, na Tabela 2 apresenta-se o mapeamento relacionando componentes, funcionalidades e as capacidades solicitadas em diversas camadas

(BETAAS, 2014b).

Tabela 2 – Componentes de BETaaS

Componentes	Funcionalidades	Capacidades
Gerente de instâncias	Gerenciamento de instância, adição de <i>gateway</i> e ciclos de vida dos componentes	Gerenciamento de instâncias
Gerente de serviços	Buscar, adicionar, remover, iniciar, parar e executar serviços e aplicações, requisições dos recursos, acesso de baixo nível aos recursos	Serviços de registro, conectividade, básicos e estendidos, gerenciamento de aplicações e <i>proxy</i>
Gerente de recursos TaaS	Descoberta, adição, atualização, distribuição dos recursos, acesso a dados de recursos e realização de ações nos recursos	Gerenciamento de recursos, conectividade TaaS, descoberta global e serviços de coisas
Adaptação de coisas	Descoberta de dispositivos físicos, acesso a dispositivos, monitoração de dispositivos	Encaminhamento, descoberta local e transmissão confiável
Gerente de <i>Big Data</i>	Reunir, salvar, adaptar, processar e analisar dados	<i>Big Data</i> (TaaS) e <i>Big Data</i> (Serviço)
Gerente de máquina virtual	Virtualização para <i>Big Data</i> , aplicações e serviços desenvolvidos	Virtualização
Gerente de QoS	Negociação do nível de agrado do serviço, monitorar QoS e calcular QoS	Adaptação de QoS, QoS (TaaS), QoS (Serviço)
Gerente de contexto	Fornecer a semântica do contexto, gerar serviços de coisas, salvar medições, gerenciar contexto fazer correspondência dos recursos e serviços de coisas	Contexto (TaaS), adaptação do contexto, gerenciamento de identificação e serviços de coisas
Gerente de segurança	Recursos e serviços de confiança, gerenciamento e fornecimento de políticas de segurança e certificados e gerenciamento de identidades	Adaptação de segurança, segurança (TaaS) e segurança (Serviço)
Gerente de confiança	Alertas de falhas e anomalias, fornecer ações de reparação e gerar estatísticas de falhas	Confiança

Fonte: Adaptado de (BETAAS, 2014b)

A capacidade de serviços de coisas é dividida entre o gerente do contexto e o gerente de recursos TaaS. Enquanto o gerente de contexto é capaz de determinar a implantação

de serviços de coisas e, portanto, para gerar novos serviços de coisas, o gerente de recursos TaaS é o que passa a gerir a sua atribuição aos aplicativos e acesso a eles, usando-os como recursos fornecidos pelas instâncias do BETaaS.

4 Ferramentas matemáticas para identificação de contexto e necessidades de usuário

Este capítulo descreve as ferramentas matemáticas utilizadas na descrição de recursos de contexto, suas relações e identificação de necessidades. O objetivo é propor um método de geração de especificações de serviços e/ou aplicações que levem a um impacto social benéfico para o desenvolvimento do contexto e atendimento das necessidades de seus usuários.

4.1 Redes

O estudo de redes tem um elevado interesse na área científica, pela capacidade de uma rede representar por meio de modelos, diversos problemas reais. Existem vários tipos de redes, se destacam as redes sociais, compostas por indivíduos que estão ligados por relações como amizade, parentesco, relações comerciais, poder, conhecimento e prestígio.

Uma rede pode ser matematicamente representada por um grafo, que descreve a estrutura topológica da rede. Um grafo é construído por um conjunto de pontos chamados nós ou vértices ligados por linhas ou arestas, que expressam a relação entre eles (ESTRADA, 2011) (KLEINBERG; TARDOS, 2005).

4.1.1 Definições matemáticas de redes

Nesta seção são definidos alguns conceitos matemáticos sobre redes, que serão utilizados durante o desenvolvimento do capítulo.

Uma rede é definida matematicamente como:

V e E são conjuntos de elementos chamados vértices e arestas, respectivamente. $f(e)$ e $s(e)$ são funções com domínio em E e imagem em V . V é um conjunto finito e não vazio e E é um conjunto finito.

Com as funções $f(e)$ e $s(e)$ se identificam os vértices de saída e entrada de uma aresta. Do conjunto de vértices $V = \{u, v\}$ e das arestas $E = \{e\}$, na Figura 15, pode-se dizer que:

- Uma aresta (e) está saindo do vértice (u), se corresponde à imagem de uma função $f(e) : (u) = f(e)$;
- Uma aresta (e) é incidente no vértice ou na entrada do vértice (v), se corresponde à imagem da função $s(e) : (v) = s(e)$;

Figura 15 – Vértice e aresta - conceito

Fonte: Adaptada de (HERMAN, 2008)

- Uma aresta é definida como orientada, quando a aresta e_1 com vértice de saída $(u) = f(e_1)$ e vértice de entrada $(v) = s(e_1)$ é diferente da aresta e_2 com vértice de saída $(v) = f(e_2)$ e vértice de entrada $(u) = f(e_2)$;
- Quaisquer duas arestas e_1 e e_2 são paralelas se e somente se $f(e_1) = f(e_2)$ e $s(e_1) = s(e_2)$;
- Também pode haver laço fechado em uma rede e se define como uma aresta na qual vértices de entrada e saída coincidem, isto é, quando $f(e) = s(e)$;

Com base na definição de rede, se pode definir uma relação como uma rede onde não existem arestas paralelas diferentes. Portanto, uma relação é uma rede, mas a rede não é sempre uma relação. Em uma relação os vértices de uma aresta são sempre diferentes, é usada a notação de um par ordenado $(f(e), s(e))$ para representar uma aresta (HERMAN, 2008).

Em uma rede se podem apresentar diferentes tipos de relações, neste trabalho se apresentam as seguintes:

- Reflexiva: Uma relação R é reflexiva se todos os vértices de R pertencem a um laço.
- Irreflexiva: Uma relação R é irreflexiva se nenhum vértice de R pertence a um laço.
- Simétrica: Uma relação R é simétrica se quando existe uma aresta (u, v) em R , (v, u) também existe.
- Assimétrica: Uma relação R é assimétrica se para quaisquer dois vértices (u) e (v) de R , pelo menos, uma das arestas (u, v) ou (v, u) não existe.
- Transitiva: Uma relação R é transitiva quando para quaisquer três vértices distintos, (u) , (v) e (z) de R , as arestas (u, v) e (v, z) existem em R , então sempre existirá uma aresta (u, z) em R .
- Completa: Uma relação R é completa se para cada par de vértices (u) e (v) de R , há pelo menos uma das arestas (u, v) ou (v, u) em R .

4.2 Teoria de grafos

As Figuras 16 e 17 ilustram a definição de partes de um grafo, respectivamente.

Figura 16 – Grafo.

Fonte: Tomada de (KLEINBERG; TARDOS, 2005)

Figura 17 – Partes de um grafo.

Fonte: Adaptado de (KLEINBERG; TARDOS, 2005)

Um exemplo simples de grafo para modelar o serviço de transporte aéreo entre cidades é mostrado na Figura 18, em que os objetos são as cidades e o relacionamento decorre da existência de voo entre duas cidades.

O uso de grafos na identificação é bastante adequado. No caso de problemas estáticos os nós serão os serviços, os quais devem ser monitorados por sensores para enviar informações de disponibilidade e de eventos anormais, enquanto as arestas representam os caminhos de acesso para a utilização dos serviços em uma determinada região.

Os grafos criam uma abstração que codifica relacionamentos entre pares de objetos, mas para o estudo dos relacionamentos se precisa de uma ferramenta matemática que permita fazer o estudo dos problemas de interesse e seus relacionamentos para encontrar a melhor solução. A Figura 19 mostra o diagrama em blocos para o desenvolvimento de soluções com grafos.

Figura 18 – Exemplo de grafo de transporte aéreo entre cidades brasileiras.

Fonte: Autora

Figura 19 – Diagrama em blocos para desenvolvimento de soluções com grafos.

Fonte: Adaptado de (KLEINBERG; TARDOS, 2005)

4.2.1 Métricas de centralidade de grafos

Investigadores em redes introduziram um grande número de medidas de centralidade, a fim de medir a variação da importância dos nós de acordo com vários critérios. Algumas das medidas foram criadas com base em ideias intuitivas, sem procurar a formalização necessária para o desenvolvimento de uma teoria e outras foram introduzidas de forma mais complexa.

Freeman (1979) trabalhou sobre o conceito de centralidade revisando um grande número de medidas publicadas que foram reduzidas a três definições clássicas, Centralidade de grau CG (*Degree Centrality*), Centralidade de proximidade CP (*Closeness Centrality*) e Centralidade de intermediação CI (*Betweenness*)¹. Centralidade de grau é uma medida da influência direta que um nó tem em relação às suas ligações, centralidade de proximidade está relacionada com o tempo que uma informação leva a ser compartilhada por todos os vértices da rede, e centralidade de intermediação pode ser considerada como o controle da comunicação entre todos os outros pares de vértices da rede. As medidas de centralidade de proximidade e centralidade de intermediação são baseadas na suposição que a informação é transmitida só pelos caminhos mais curtos possíveis (FREEMAN, 1978/79).

¹ Traduções tomadas de (BORDA, 2013)

4.2.2 Métricas da teoria de grafos utilizadas neste estudo

Existem diversas técnicas desenvolvidas na teoria de grafos para o estudo de topologias e fluxos (ESTRADA, 2011), mas, para o interesse desta pesquisa, se propõe o estudo das métricas de centralidade de proximidade e centralidade de intermediação.

A métrica de centralidade de proximidade é uma medida definida pelo comprimento de seus caminhos mais curtos. Define o quanto cada vértice está próximo dos demais. Quanto mais central é o vértice, menor é a distância total para todos os outros vértices. A métrica de proximidade é definida como o recíproco da soma das distâncias de v aos demais nós, ou seja $C_p(v) = (\sum_{a \in V} d(v, a))^{-1}$.

A métrica de centralidade de intermediação é uma medida que quantifica o número de vezes que um vértice/aresta age como ponte ao longo do caminho mais curto entre dois vértices. Ela é dada pela proporção dos caminhos de tamanho mínimo entre nós quaisquer que passam pelo nó em questão, ou seja, $C_i(v) = \sum_{a, b \neq v} \frac{g_{avb}}{g_{ab}}$, onde g_{ab} é o número de caminhos mínimos entre a e b , e g_{avb} é o número desses que passam por v (NEWMAN, 2005).

Essas métricas são de interesse na pesquisa, porque, se na época do problema descrito na Seção 3.1.1 estivesse disponível uma abstração gráfica da região, na qual os vértices fossem a localização dos serviços e usuários, e os relacionamentos as vias de acesso aos serviços, com a avaliação dessas métricas nos grafos, poderia ter-se identificado que a região não oferecia serviços a seus moradores e que para acesso aos serviços só existia uma ligação que era a ponte. Uma ferramenta matemática que se integra a um sistema, terá informações e dados de dispositivos tecnológicos espalhados pelo ambiente ajudará na prevenção de problemas, identificação de necessidades e proposta de novos serviços e caminhos alternativos diante de problemas que possam afetar o desenvolvimento cotidiano do usuário.

4.2.3 Centralidade de proximidade

Métrica local que representa quão distante está um nó dos outros nós.

Definição A proximidade pode ser considerada uma medida de quanto tempo demora a informação em se espalhar de um determinado nó para os outros nós da rede. A centralidade da proximidade se baseia na extensão da influência sobre toda a rede. Na Equação (4.1), $C_p(n_i)$ é a centralidade de proximidade, e $d(n_i, n_j)$ é a distância medida em número de saltos entre dois nós da rede.

$$C_p(n_i) = \sum_{j=1}^N \frac{1}{d(n_i, n_j)} \quad (4.1)$$

Exemplo Para ilustrar a centralidade de proximidade é considerado o grafo dado na Figura 20, com um valor de 1 para as arestas.

Figura 20 – Gráfico G onde o nó 1 é o nó mais central de acordo com a Equação (4.1)

Fonte: Autora

Para o grafo na Figura 20, as medidas obtidas pela equação (4.1) são:

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
0,642	0,600	0,529	0,500	0,473	0,450	0,428	0,409	0,346	0,346

Os valores representam a centralidade de proximidade de cada nó para com os outros nós. O vértice 1 é o mais central e tem a capacidade de se comunicar com todos os nós do grafo, porque o valor da métrica em esse nó é o mais elevado.

4.2.4 Centralidade de intermediação

Freeman (1979) introduziu o conceito de intermediação parcial de um vértice em uma rede para chegar a um valor que pode medir a centralidade do vértice. Isso significa que esse valor é capaz de expressar a influência que representa um nó sobre os outros nós em uma rede de comunicação real.

Definição A centralidade de intermediação baseia-se no número de caminhos mais curtos que passam através de um nó. Nós com alto valor de intermediação desempenham o papel de conectar aos diferentes grupos da rede. A geodésica ou caminho mais curto, é o caminho entre um par de nós que no meio envolve um número mínimo de nós, ligando o par de nós. Na Equação (4.2), g_{jik} são todos os caminhos mais curtos que ligam o nó j e o nó k , passando através do nó i , e g_{jk} é a menor distância entre os nós j e k .

$$C_i(k) = \sum_{j, k \neq i} \frac{g_{j,i,k}}{g_{j,k}} \quad (4.2)$$

Nas redes sociais, nós com alto valor de intermediação são os agentes e conectores que mantêm juntos os outros. Estar "entre" significa que um nó tem a capacidade de controlar o fluxo de conhecimento entre a maioria dos outros. Os indivíduos com alta intermediação são os pivôs no fluxo de conhecimento da rede. Os nós com maior valor de centralidade de intermediação ao ser removidos da rede obrigam a um aumento na distância típica entre os demais (FREEMAN; ROEDER; MULHOLLAND, 1979/80).

Exemplo Para ilustrar a medida de intermediação é considerado o grafo da Figura 21. As distâncias entre cada par de nós têm um valor de 1.

Figura 21 – Grafo G onde o nó 2 é o vértice por onde passa o maior número de caminhos na rede, de acordo com a Equação (4.2)

Fonte: Autora

Para o grafo da Figura 21, a medida relativa da intermediação dos vértices pela Equação (4.2) é:

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
0,000	5,500	5,000	5,000	2,500	1,000	0,000

Com os valores obtidos a partir da métrica de centralidade se acha o nó que mais está envolvido na via de comunicação entre dois nós, neste exemplo o nó 2 é o que tem o valor mais elevado, então é o nó mais importante na comunicação de todos os nós do grafo.

Para verificar a consistência dos resultados, se calcula a mesma medida na rede anterior com 8 nós e com 6 nós para mostrar como o valor da métrica no nó 2 muda.

Figura 22 – Grafo G com 8 nós

Fonte: Autora

Resultado:

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
0,000	7,000	5,000	6,000	5,000	7,000	0,000	0,000

No grafo da Figura 22 os nós mais envolvidos são o 2 e 6. Os nós 1, 7 e 8 têm um resultado igual a 0, o que mostra que esses nós não estão envolvidos na comunicação entre algum par de nós, se surgir algum problema em eles ou em seus caminhos a comunicação entre outros nós da rede não é afetada.

Figura 23 – Grafo G com 6 nós

Fonte: Autora

Resultado:

V1	V2	V3	V4	V5	V6
0,500	2,500	4,000	2,500	0,500	0,000

No exemplo da Figura 23, o nó 6 não tem influência sobre a comunicação do grafo e o nó 3 é o nó pelo qual se precisa passar na rede para uma comunicação completa.

4.2.5 *Resistance distance*

Em teoria de grafos, *resistance distance*² é a medida da resistência da distância entre dois nós de um grafo G e é igual à matriz resistência entre dois pontos de uma rede elétrica equivalente, onde as arestas são substituídas pelo valor de resistência igual a 1 ohm.

Essa métrica refere-se à capacidade da rede quando alguns elementos são removidos sem perda de funcionalidade. Essa propriedade está diretamente relacionada com a distribuição de grau dos vértices, porque ao remover nós podem resultar perdas de conexão entre par de nós ou aumentar significativamente a distância do caminho de um vértice para outro (KLEIN; RANDIĆ, 1993).

² Não se traduz esse termo porque não se encontraram referências desse termo em português

Em um grafo G , *resistance distance* $\Omega(i, j)$ entre dois vértices V_i e V_j é:

$$\Omega_{i,j} = \Gamma_{i,i} + \Gamma_{j,j} - 2 * \Gamma_{i,j}, i \neq j. \quad (4.3)$$

Onde Γ é a matriz inversa de Moore–Penrose da matriz Laplaciana de G .

- Matriz de Moore-Penrose:

Sabe-se que existem diferentes tipos de matrizes inversas generalizadas, entre as quais se destaca o conceito de Inversa de Moore-Penrose, que tem propriedade de singularidade.

Seja $\Gamma_{m \times n}$. Se diz que uma matriz Γ_g de ordem $n \times m$ é a inversa generalizada de Moore-Penrose se e somente se se verifica $\Gamma \times \Gamma_g \times \Gamma = \Gamma$, $\Gamma_g \times \Gamma \times \Gamma_g = \Gamma_g$ e além disso tanto $\Gamma \times \Gamma_g$ como $\Gamma_g \times \Gamma$ são simétricas (PENROSE, 1955).

- Matriz Laplaciana:

A matriz Laplaciana, também chamada de matriz de admitância ou matriz Kirchhoff é uma representação matricial de um grafo.

Dado um grafo G com n nós, a matriz Laplaciana $L := (L_{i,j})_{n \times n}$ é definida como:

$$L_{i,j} := \begin{cases} k_i & \text{se } i = j \text{ e } k_i \neq 0 \\ -1 & \text{se } i \neq j \\ 0 & \text{outro caso} \end{cases}$$

sendo k_i o grau do i -ésimo nó n_i .

Para uma melhor compreensão das métricas descritas acima se trabalha um grafo com diferentes valores nas arestas na Secção 4.2.8, com os quais os valores das métricas são calculados.

4.2.6 Redes totalmente conectadas - *Fully-connected networks*

A topologia da rede totalmente conectada é eficaz pois cada nó de rede está conectado a todos os outros nós. Se uma das conexões é atingida por algum dano a informação não será afetada para os outros nós.

Para as redes totalmente conectadas as equações das métricas de centralidade de proximidade e centralidade de intermediação dependem diretamente do número de nós e conexões de cada um, no caso da métrica *resistance distance* depende do valor de cada aresta (ESTRADA, 2011).

- Centralidade de proximidade

O valor da métrica de centralidade de proximidade para estas redes se pode obter pela Equação (4.4):

$$C_p(v) = \frac{2}{n * (n - 1)} \quad (4.4)$$

Onde n é o número de nós e v qualquer nó que pertence à rede.

- Centralidade de intermediação

No caso da métrica de centralidade de intermediação, este será sempre zero em tais redes pois o número mínimo de caminhos que passam através de um nó, é igual ao número máximo de caminhos e igual para cada nó.

$$C_i(v) = 0 \quad (4.5)$$

- *Resistance Distance*

Para o cálculo da métrica *resistance distance*, a Equação (4.3) é dependente das ligações por nó e da resistência dos caminhos, mas para o caso de uma rede totalmente conectada só se precisa calcular para um nó, porque o valor é igual para todas as arestas.

A métrica de *resistance distance* para essas redes pode-se obter pela seguinte Equação (4.6):

$$\Omega(i, j) = \frac{2}{n}, i \neq j. \quad (4.6)$$

Onde n é o número de nós e, i e j par de nós pertencentes à rede e posições da matriz resultado da métrica.

4.2.7 Exemplos de redes totalmente conectadas de 4-5-6 vértices

Se desenvolvem três exemplos de redes totalmente conectadas, 4, 5 e 6 vértices, respectivamente, com peso igual a 1 todas as arestas.

Em cada exemplo se encontram os valores das métricas de centralidade de proximidade e *resistance distance*. A métrica de centralidade de intermediação para os três casos é igual a 0.

Figura 24 – Grafo da rede totalmente conectada de 4 vértices

Fonte: Autora

Exemplo: rede totalmente conectada 4 vértices

- Centralidade de proximidade

Para o grafo da Figura 24, a medida relativa de proximidade dos vértices dada pela Equação (4.1) é:

V1	V2	V3	V4
0,167	0,167	0,167	0,167

Os resultados da métrica mostram que a proximidade entre todos os nós é a mesma, todos os nós têm ligação entre eles.

- *Resistance Distance*

Por meio da Equação (4.6) se obtêm os seguintes resultados:

	V1	V2	V3	V4
V1	0,000	0,500	0,500	0,500
V2	0,500	0,000	0,500	0,500
V3	0,500	0,500	0,000	0,500
V4	0,500	0,500	0,500	0,000

A métrica *resistance distance* pode obter-se pela resistência equivalente do grafo. O circuito equivalente ao grafo da Figura 24 é apresentado na Figura 25:

Figura 25 – Circuito elétrico equivalente do grafo da rede totalmente conectada de 4 vértices

Fonte: Autora

Com esse circuito se acha o valor da resistência equivalente, para verificação do resultado obtido desde a métrica *resistance distance*.

Para obter a resistência entre o nó 1 e 2 (vértices 1 e 2 no grafo), primeiro se escolhe o ponto que será a terra do circuito, neste caso o nó 2, logo se calcula a resistência equivalente entre o nó 1 e 2 do circuito elétrico:

$$Req = (R_{1,2} || ((R_{1,3} + (R_{2,3})) || (R_{1,4} + R_{2,4}))) = 0,5$$

$R_{i,j}$ representa a medida associada ao valor da relação entre os vértices.

O resultado de *resistance distance* é o mesmo para os outros pontos por ser uma rede totalmente conectada.

Exemplo rede totalmente conectada de 5 vértices

- Centralidade de proximidade

Pela Equação (4.1) se obtêm os seguintes resultados da medida de proximidade:

V1	V2	V3	V4	V5
0,100	0,100	0,100	0,100	0,100

- *Resistance Distance*

Através da Equação(4.6) se obtêm os seguintes resultados:

	V1	V2	V3	V4
V1	0,000	0,400	0,400	0,400
V2	0,400	0,000	0,400	0,400
V3	0,400	0,400	0,000	0,400
V4	0,400	0,400	0,400	0,000

Como no exemplo anterior, todos os caminhos possíveis são representados por um valor de resistência igual a 1 e com esse circuito se encontra o valor da resistência equivalente.

Exemplo: de rede totalmente conectada de 6 vértices

- Centralidade de proximidade

Para o grafo de seis nós totalmente conectados, a medida relativa de proximidade dada pela Equação (4.1) é:

V1	V2	V3	V4	V5	V6
0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067

- *Resistance Distance*

Pela Equação (4.6) se obtém:

	V1	V2	V3	V4
V1	0,000	0,330	0,330	0,330
V2	0,330	0,000	0,330	0,330
V3	0,330	0,330	0,000	0,330
V4	0,330	0,330	0,330	0,000

Os exemplos acima foram desenvolvidos para demonstrar a simplificação das fórmulas, no caso da rede totalmente conectada ou em algum caso que se tenha uma rede totalmente conectada como parte de uma rede maior, o que pode ser visto como um subgrafo da rede e que funciona como um único vértice da rede.

4.2.8 Rede com resistências diferentes nas arestas

Os grafos permitem o trabalho em vários contextos, por exemplo, em modelos de redes sociais. Nós que têm mais arestas representam os atores mais importantes, têm mais relações com outros atores. Com mais acesso e controle sobre a rede.

As medidas de centralidade tentam descrever as propriedades de localização de um ator na rede. Estas medidas têm em conta as diferentes maneiras em que um nó interage e se comunica com os outros nós da rede, sendo os nós mais importantes os localizados em posições mais estratégicas, dada uma função de diversas variáveis no grafo.

Neste trabalho são desenvolvidos diversos grafos para uma representação de algumas das características e serviços das cidades. Com a representação da cidade e serviços nos grafos se pode conhecer, identificar e propor possíveis soluções e implementações para cada serviço.

Cidades têm construções de vários edifícios, avenidas, ruas, parques ou praças, juntamente com outras infraestruturas, como hospitais, shoppings e prédios públicos. É importante analisar a parte urbana para compreender o seu passado, presente e futuro. Além disso, a cidade tem a particularidade de influenciar o meio ambiente e também para interagir com outras cidades.

Para ter acesso a todos os serviços é necessário o uso de estradas e do serviço de transporte, por isso, se trabalhará sobre o serviço de transporte público e suas características de custo, distância, tempo de espera e de viagem serão as relações entre as entidades.

O transporte é um serviço que desloca pessoas de um lugar para outro. O transporte de usuários tem foco em levar pessoas para um destino em um tempo curto e conforto. Ele inclui diversos meios, tais como ônibus, trólebus, bondes, trens, trens suburbanos ou balsa.

Os custos de transporte têm um grande impacto sobre os preços de venda dos produtos, preços das matérias-primas e bens intermediários e, conseqüentemente, a competitividade internacional da produção nacional.

Se criarmos os grafos respectivos com as características dos serviços na Figura 26, que representam os caminhos com o custo de transporte, o custo representado em um valor numérico sem moeda específica, distância em metros e tempo em minutos.

Figura 26 – Grafo G representando a topologia da cidade, distância entre localidades, custo do transporte e tempo de deslocamento e espera

(a) Topologia

(b) Preço de transporte

(c) Distância entre vértices

(d) Tempo de deslocamento e espera

Fonte: Autora

Para o grafo da Figura 26a, os valores das métricas de cada nó são:

- Centralidade de proximidade

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
0,400	0,600	0,670	0,600	0,600	0,545	0,400

- Centralidade de intermediação

V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
0,000	5,500	5,000	5,000	2,500	1,000	0,000

Como as métricas de proximidade e intermediação não dependem do valor da aresta esses resultados são os mesmos para todos os casos de diferentes pesos apresentados na próxima seção.

Para caracterizar topologicamente o grafo, se encontra o resultado da matriz da métrica *resistance distance*. Se considera essa métrica neste caso, porque se o custo é elevado, em comparação com um valor médio, isso se torna uma característica desfavorável para o usuário o que impõe uma resistência para escolher esse caminho.

Para o grafo da Figura 26b, a matriz de *resistance distance* é:

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	0,000	0,333	0,460	0,460	0,556	0,508	0,722
V2	0,333	0,000	0,127	0,127	0,222	0,175	0,389
V3	0,460	0,127	0,000	0,175	0,127	0,143	0,294
V4	0,460	0,127	0,175	0,000	0,238	0,127	0,405
V5	0,556	0,222	0,127	0,238	0,000	0,175	0,167
V6	0,508	0,175	0,143	0,127	0,175	0,000	0,341
V7	0,722	0,389	0,294	0,405	0,167	0,341	0,000

Esses resultados mostram que a fórmula utilizada não fornece a soma dos valores das arestas dos possíveis caminhos mais curtos entre dois nós, só se conhece o valor que representa a dificuldade de chegada de um nó a outro. É necessária a implementação de um código, Anexo C, para conhecer o valor da soma das arestas dos caminhos mais curtos entre dois nós, para esse conhecimento é necessário de todas as árvores possíveis da rede e obtenção dos caminhos mais curtos, para logo, fazer a soma dos custos das respectivas arestas desse caminho.

No caso do grafo da Figura 26b, foi obtida por meio do código do Anexo C, a matriz de *resistance distance*:

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	0,000	3,000	9,000	15,000	12,000	9,000	21,000
V2	3,000	0,000	6,000	12,000	9,000	6,000	18,000
V3	9,000	6,000	0,000	6,000	3,000	9,000	12,000
V4	15,000	12,000	6,000	0,000	3,000	9,000	6,000
V5	12,000	9,000	3,000	3,000	0,000	6,000	9,000
V6	9,000	6,000	9,000	9,000	6,000	0,000	15,000
V7	21,000	18,000	12,000	6,000	9,000	15,000	0,000

A distância é o caminho espacial ou o período de tempo entre dois eventos ou coisas. É a proximidade ou o afastamento entre objetos ou eventos.

A distância entre dois pontos afeta o usuário no momento de ter que acessar a um serviço ou entidade específica, o usuário pode querer se deslocar em um determinado intervalo para encontrar os diferentes serviços da cidade ou da região.

Para o grafo da Figura 26c, a matriz de *resistance distance* é:

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	0,000	250,000	550,000	700,000	900,000	600,000	1200,000
V2	250,000	0,000	300,000	450,000	650,000	350,000	950,000
V3	550,000	300,000	0,000	150,000	350,000	650,000	650,000
V4	700,000	450,000	150,000	0,000	200,000	800,000	500,000
V5	900,000	650,000	350,000	200,000	0,000	1000,000	700,000
V6	600,000	350,000	650,000	800,000	1000,000	0,000	1300,000
V7	1200,000	950,000	650,000	500,000	700,000	1300,000	0,000

Tempo composto: o tempo é uma quantidade física a qual mede a duração ou a separação de eventos sujeitos a alterações dos sistemas de observação; isto é, o período entre o estado do sistema quando se apresentou um estado X e o instante em que X registra uma mudança perceptível para um observador.

Essa característica é importante para o usuário quando ele quer ir a algum lugar na cidade, no menor tempo possível, ou no melhor tempo que os caminhos podem oferecer.

Os valores de tempo da Figura 26d, foram obtidos a partir do tempo de deslocamento calculado a partir das distâncias entre nós, Figura 27, para uma velocidade média de 25 Km/h, Figura 27, acrescidos do tempo médio de espera para chegar um ônibus. O intervalo entre ônibus é de 10 minutos e o tempo médio de espera é obtido pela divisão entre esse intervalo e o número de linhas disponíveis Figura 28 .

Figura 27 – Grafo do tempo de deslocamento (grafo de distância com velocidade média de 25 km/h)

Fonte: Autora

Figura 28 – Grafo de frequência de ônibus (tempo de saída entre cada linha de ônibus de 10 min dividido pelo número de linhas)

Fonte: Autora

Para o grafo da Figura 26d, a matriz de *resistance distance* é:

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7
V1	0,000	3,720	7,770	11,074	14,650	7,696	17,274
V2	3,720	0,000	4,050	7,354	10,930	3,976	13,554
V3	7,770	4,050	0,000	3,304	6,880	8,026	9,504
V4	11,074	7,354	3,304	0,000	3,576	11,330	6,200
V5	14,650	10,930	6,880	3,576	0,000	14,906	9,776
V6	7,696	3,976	8,026	11,330	14,906	0,000	17,530
V7	17,274	13,554	9,504	6,200	9,776	17,530	0,000

Todas as árvores do grafo da Figura 26 são mostradas com raiz no nó 2 na Figura 29.

Figura 29 – Árvores com raiz no nó 2 correspondente ao grafo da Figura 26

Fonte: Autora

Essas árvores foram encontradas para cada nó como a raiz do grafo Figura 26. Em cada aresta entre os dois nós existe um vetor-peso $\vec{m}_{i,j}$, composto dos valores das três características da ligação de cada par de nós, o par de nós são subscritos i e j de cada vetor. Por exemplo o vetor $\vec{m}_{1,2}$ na Tabela 3 representa a ligação entre o nó 1 com o nó 2, onde $[3,000 \ 250,000 \ 3,720]$ são os valores de custo, distância e tempo dos pesos da aresta respectivamente.

Foram comparados os valores obtidos em todas as árvores com o mesmo nó raiz, e o melhor valor é registrado na Tabela 3.

Pelo tratamento de dados descrito existe a possibilidade de obter caminhos diferentes

Tabela 3 – Vetor de valores das características nas arestas do grafo
Figura 29

Vértices no grafo (i, j)	Vértices no circuito $\vec{m}_{i,j}$	Vetor de custo das características
1-2	$\vec{m}_{1,2}$	[3,000 250,000 3,720]
2-3	$\vec{m}_{2,3}$	[6,000 300,000 4,050]
2-6	$\vec{m}_{2,6}$	[6,000 350,000 3,976]
3-4	$\vec{m}_{3,4}$	[6,000 150,000 3,304]
3-5	$\vec{m}_{3,5}$	[3,000 400,000 5,960]
4-5	$\vec{m}_{4,5}$	[3,000 200,000 3,576]
4-7	$\vec{m}_{4,7}$	[6,000 500,000 6,200]
5-6	$\vec{m}_{5,6}$	[6,000 600,000 6,440]

Fonte: Autora

para as características de custo e de tempo de deslocamento. Isto permite atribuir ao caminho mais curto o menor custo e oferecer sempre um benefício ao usuário, e se consegue uma distribuição de uso do serviço na região pois existe a possibilidade do sistema fazer a escolha de caminho sobre as informações de prioridades fornecidas pelo usuário.

4.2.9 Otimização - função de *fitness*

Para se conhecer a melhor solução para um modelo de sistema se propõe utilizar uma função de *fitness*.

Para esse caso se define $X_{i,j}(Rota) = \langle x_p, x_t, x_r \rangle$ em que i e j são os nós de origem e destino. Rota é um caminho possível entre i e j , e onde cada elemento do vetor representa na aresta o valor de custo de transporte, tempo de deslocamento e número de rotas possíveis. O problema é encontrar o caminho do nó origem até o nó destino para cada valor, tal que $x_p \leq w_p$, $x_t \leq w_t$ e $x_r \geq w_r$ para cada caminho. Considere a trajetória p . Seu Custo(Rota) pode ser avaliado por um valor de ajuste de FIT(Rota) dado pela Equação (4.7), α, β , e γ são os fatores de ponderação do custo da rota, que só dependem da aplicação, $\alpha + \beta + \gamma = 1$. A equação de *fitness* tem que ser definida de acordo com a aplicação ou serviço e o objetivo a ser otimizado.

Para este estudo se trabalha com três características: preço, tempo e número de rotas. Na equação de *fitness* se tem um valor mínimo ideal fixo, w_p, w_t , e w_r é o valor real, p, t e r , das características do serviço na rede (EVERINGHAM; MULLER; THOMAS, 2002) (SERRA; VEGA; AMAZONAS, 2015).

Com esta ideia se descreve a equação que avalia as características descritas na Seção 4.7:

$$FIT(rota) = \alpha \frac{w_p - p}{w_p} + \beta \frac{w_t - t}{w_t} + \gamma \frac{r - w_r}{w_r} \quad (4.7)$$

Na equação (4.7) é possível obter valores negativos em alguma parcela, mas obter um valor positivo no resultado total.

$$Fitness_2(rota) = Fitness(rota) \times H\left(\frac{w_p - p}{w_p}\right) \times H\left(\frac{w_t - t}{w_t}\right) \times H\left(\frac{r - w_r}{w_r}\right) \quad (4.8)$$

Na qual $H(n) = 0$ se $n < 0$ ou $H(n) = 1$ se $n \geq 0$.

É possível usar uma outra equação *fitness* que é chamada *fitness* digital, a Equação (4.8), só avalia valores iguais ou maiores que zero, assim se pode obter um vector representativo para identificação da característica que faz ser negativo o valor da *fitness*.

Esta função é usada quando não se quer a parte negativa das diferentes características.

Com a equação de *fitness* e $w_p = 9$, $w_t = 10$ $w_r = 2$, constantes fixas para as mesmas características descritas acima, o cálculo é realizado em quatro casos, Tabela 4, onde os valores de α , β e γ mudam.

Tabela 4 – Prioridades das características

	α	β	γ
Caso 1 - Prioridade custo de transporte	0,600	0,200	0,200
Caso 2 - Prioridade tempo de deslocamento	0,200	0,600	0,200
Caso 3 - Prioridade número de rotas	0,200	0,200	0,600
Caso 4 - Prioridade igual para todas as características	0,333	0,333	0,334

Tabela 5 – Tabela de resultados de casos da fitness e porcentagens de satisfação de requisitos

Rotas	Fitness Caso 1	Fitness Caso 2	Fitness Caso 3	Fitness Caso 4	Vector Fitness	
1-2	0,426	0,410	-0,041	0,264	[1 1 0]	
1-3	-0,055	0,034	-0,255	-0,093	[1 1 0]	
1-4	-0,521	-0,298	-0,455	-0,425	[0 0 0]	
1-5	-0,393	-0,446	-0,46	-0,433	[0 0 0]	
1-6	-0,054	0,038	-0,254	-0,09	[1 1 0]	
1-7	-1,045	-0,803	-0,712	-0,853	[0 0 0]	
					50%-50%-0%	33,34%

Continua na página seguinte

Tabela 5 – Continuação

Rotas	Fitness Caso 1	Fitness Caso 2	Fitness Caso 3	Fitness Caso 4	Vector Fitness	
2-1	0,426	0,41	-0,041	0,264	[1 1 0]	
2-3	0,319	0,424	0,186	0,309	[1 1 1]	
2-4	-0,147	0,092	-0,014	-0,023	[0 1 1]	
2-5	-0,019	-0,056	-0,019	-0,031	[1 0 1]	
2-6	0,320	0,428	0,187	0,312	[1 1 1]	
2-7	-0,771	-0,513	-0,571	-0,618	[0 0 0]	
					66,67%-66,67%-66,67%	66,67%
3-1	0,055	0,034	-0,255	-0,093	[1 1 0]	
3-2	0,319	0,424	0,186	0,309	[1 1 1]	
3-4	0,334	0,468	0,201	0,334	[1 1 1]	
3-5	0,562	0,421	0,496	0,493	[1 1 1]	
3-6	0,039	0,118	0,039	0,066	[1 1 1]	
3-7	-0,290	-0,137	-0,357	-0,261	[0 1 0]	
					83,34%-100%-66,67%	83,34%
4-1	-0,521	-0,298	-0,455	-0,425	[0 0 0]	
4-2	-0,147	0,092	-0,014	-0,023	[0 1 1]	
4-3	0,334	0,468	0,201	0,334	[1 1 1]	
4-5	0,528	0,519	0,262	0,436	[1 1 1]	
4-6	-0,027	-0,079	-0,027	-0,044	[1 0 1]	
4-7	0,176	0,195	-0,157	0,07	[1 1 0]	
					66,67%-66,67%-66,67%	66,67%
5-1	-0,393	-0,446	-0,46	-0,433	[0 0 0]	
5-2	-0,019	-0,056	-0,019	-0,031	[1 0 1]	
5-3	0,562	0,42	0,496	0,493	[1 1 1]	
5-4	0,528	0,519	0,262	0,436	[1 1 1]	
5-6	0,102	-0,228	-0,031	-0,052	[1 0 1]	
5-7	-0,095	-0,086	-0,295	-0,159	[1 1 0]	
					83,34%-50%-66,67%	66,67%
6-1	-0,054	0,038	-0,254	-0,09	[1 1 0]	
6-2	0,320	0,428	0,187	0,311	[1 1 1]	
6-3	0,039	0,118	0,039	0,066	[1 1 1]	
6-4	-0,027	-0,080	-0,027	-0,044	[1 0 1]	
6-5	0,102	-0,228	-0,031	-0,052	[1 0 1]	
6-7	-0,651	-0,685	-0,584	-0,64	[0 0 0]	
					83,34%-50%-66,67%	66,67%

Continua na página seguinte

Tabela 5 – Continuação

Rotas	Fitness Caso 1	Fitness Caso 2	Fitness Caso 3	Fitness Caso 4	Vector Fitness	
7-1	-1,045	-0,803	-0,712	-0,853	[0 0 0]	
7-2	-0,771	-0,513	-0,571	-0,618	[0 0 0]	
7-3	-0,290	0,137	-0,357	-0,261	[0 1 0]	
7-4	0,176	0,195	-0,157	0,070	[1 1 0]	
7-5	-0,095	-0,086	-0,295	-0,159	[1 1 0]	
7-6	-0,651	-0,685	-0,584	-0,640	[0 0 0]	
					33,34%-50%-0%	27,78%

Fonte: Autora

Os resultados obtidos pela fórmula de custo *fitness* e listados na Tabela 5 serão discutidos na Seção 4.4, onde se faz uma interpretação do significado do valor em relação às características e influência que têm sobre os caminhos para os outros nós da rede.

Para todos os caminhos se obtiveram 4 valores de *fitness* e um vector, Tabela 5. Esses valores em cada caminho são o resultado da combinação de prioridades de cada característica.

No caminho entre 1-2 obtiveram-se 0,426, 0,410, -0,041, 0,264 e um vetor [1 1 0]. Pelo vector se observa que as partes que cumprem os valores definidos para a avaliação da função são: o valor de custo e de tempo, mas na terceira parte, caminhos existentes, é zero com o que é conhecido que existem menos de dois caminhos possíveis entre esses nós, e o resultado na coluna 3 é negativo. Apesar disso, para três dos casos de prioridade, o valor da função de fitness é positivo.

No caminho entre 1-3 os resultados são 0,055, 0,034, -0,255, -0,093 e [1 1 0]. Igual que no caso de 1-2 não se cumpre com o número de rotas mínimas o qual faz que o terceiro valor do vector seja 0 e neste caso essa parte da função faz que o resultado total de FIT seja negativo nos casos de prioridades 1 e 4.

No caminho 1-4 os resultados são -0,521, -0,298, -0,455, -0,425 e [0 0 0]. Neste caminho, nenhuma das partes cumpre a característica de, número de caminhos seja maior que o valor mínimo e que seja menor do que os limites definidos para o preço e tempo de deslocamento pelo que o resultado do vector é igual a zero, e em todos os casos de prioridade se tem valores negativos de FIT.

Para os caminhos com origem no nó 1, os valores de 50% - 50% - 0%, representam a porcentagem de atendimento de cada característica, custo menor que 6, tempo inferior a 5 e número de rotas maior que 2, respectivamente, que se verificam nos caminhos com chegada aos demais nós da rede. O 33,34%, representa a porcentagem de atendimento

global considerando todas as características nos caminhos existentes do nó 1 para os outros nós.

No caminho 2–3 os resultados são 0,319, 0,424, 0,186, 0,309 e $[1 \ 1 \ 1]$. Neste caminho, todas as parcelas são satisfeitas justificando a obtenção de um vetor de uns e em todos os casos de prioridade se têm valores positivos.

No caminho 2–5 os resultados são -0,019, -0,056, -0,019, -0,031 e $[1 \ 0 \ 1]$. Neste caminho, existem duas parcelas positivas e uma negativa, mas em todos os casos de prioridade, os resultados são negativos pois o valor da parcela de tempo é negativo e maior do que a soma dos valores das outras duas características pelo que independentemente da prioridade nos 4 casos, o valor total é sempre abaixo de zero, mesmo se dois requisitos sejam atendidos.

A porcentagem de satisfação de cada característica nos caminhos com saída no nó 2 é 66,67% - 66,67% - 66,67% e a porcentagem de satisfação de qualquer recurso em todos os caminhos é 66,67%.

Nos resultados dos caminhos com saída nos nós 3, 4, 5, 6 e 7, se obtêm casos similares aos já mostrados e expostos com nós de saída 1 e 2. Com essas informações se pode interpretar os demais valores obtidos na Tabela 5.

Com os resultados da Tabela 5 e o desenvolvimento das métricas se consegue conhecer topologicamente a rede na qual se está trabalhando. Se consegue inferir com o valor de centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e *resistence distance*, qual é o nó com maior participação nos caminhos de conexão, o nó com maior importância e influência na rede, e os caminhos de alto custo de transporte e tempo de deslocamento para os usuários.

Além disso, os resultados de *fitness* mostram como o peso das características influenciam o encontro de um caminho que satisfaça os requisitos impostos e se é ou não possível realizar um deslocamento entre dois vértices na rede.

4.3 Identificação de eventos em um contexto e sua implicação na procura de soluções

Com o objetivo de fornecer soluções a eventos inesperados, propõe-se desenvolver o conhecimento adquirido com as ferramentas matemáticas e tecnológicas das soluções de problemas estáticos, mas acrescentando fatores externos, dos serviços e do usuário, para levar em conta mudanças em tempo real, com o objetivo de oferecer o melhor serviço a qualquer evento. Com essa ideia, se desenvolve um desenvolvimento de *clusters* de domínios os quais terão dinamismo em tempo real para adaptação de soluções.

4.3.1 Teoria de *clusters*

Clusters na área de informação são blocos formados por tipos de objetos de dados e atividades que podem ser usados para elaborar componentes, módulos ou mesmo aplicações voltadas ao suporte de processos específicos (JAIN; DUBES, 1988).

O *clustering* é uma das técnicas frequentemente utilizadas para análise e exploração de dados não supervisionados. Essa técnica tem sido aplicada no contexto de redes complexas, em diferentes temas, tais como análise do comportamento social, análise da estrutura física da Internet, páginas *web*, problemas de epidemiologia e outros relacionados à bioinformática. Dentro da nomenclatura utilizada pelos pesquisadores de redes complexas, o *clustering* é usualmente denominado na detecção de comunidades. O estudo de detecção de comunidades está altamente correlacionado com os conceitos da teoria dos grafos e com a abordagem de *clustering* hierárquico. Essa correlação vem da utilização de métodos de particionamento da rede em subgrafos que representam individualmente cada comunidade presente na rede. O particionamento em *si* não é suficiente para análise e entendimento da estrutura de dados mapeados na rede, pois não se conhece, *a priori*, como a rede separa os vértices em comunidades, nem também o número e o tamanho das possíveis comunidades. Por outro lado, o *clustering* hierárquico é utilizado para descobrir divisões naturais na rede. Essa técnica é normalmente baseada em métricas de similaridade ou força das conexões entre vértices (JAIN; DUBES, 1988).

Um exemplo de uso de *clusters* foi desenvolvido no projeto HyperCat. São mais de 40 organizações, incluindo British Telecom, IBM, Google, uma série de *startups* e universidades, que estão trabalhando conjuntamente para permitir que sensores e dispositivos possam compartilhar dados automaticamente com facilidade e viabilizar a popularização e disseminação da IoT. O projeto HyperCat formou oito equipes com foco em diferentes mercados no qual a IoT poderia trazer benefícios, tais como educação, veículos, aeroportos e cidades inteligentes. Os grupos utilizaram a especificação HyperCat para criar interoperabilidade dentro de seu *cluster*. A especificação HyperCat permite que os clientes IoT descubram quais dados de um servidor IoT estão disponíveis, essa especificação é construída sobre os mesmos padrões da *web*, que agora são comuns para essa interface. O projeto já trouxe resultados tangíveis como redução de custos na energia e disponibilização de dados (1248 Ltd., 2014)(PILU, 2013).

4.3.2 *K-Means*

K-Means é um dos algoritmos de *clustering* mais conhecidos e utilizados atualmente, é de fácil implementação, eficiente e simples. O K-Means é classificado como um algoritmo particional por trabalhar sincronizadamente os *clusters* em cada iteração.

Seja $X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}$ um conjunto de dados e $C = \{c_1, c_2, c_3, \dots, c_k\}$ para $k \ll n$, um conjunto de *clusters*, onde cada elemento x_i pode pertencer a somente um

elemento c_i . O *K-Means* é um método iterativo que agrupa os n elementos de X nos k *clusters* de C . Para a execução do algoritmo *K-Means*, deve-se informar a quantidade de *clusters* (k) que se deseja obter do conjunto de dados. Com essa informação, o centro de *cluster*, mais conhecido como centroide (μ_i), é escolhido aleatoriamente para dar início à iteração.

Assim, pode-se medir a qualidade de um *cluster* c_j por meio da Equação (4.9):

$$J(c_j) = \sum_{x_i \in c_j} \|x_i - \mu_j\|^2 \quad (4.9)$$

A Equação (4.9) soma as distâncias quadráticas de cada elemento do *cluster* c_k em relação ao centro do *cluster* μ_k . O objetivo do algoritmo é minimizar a Equação (4.10) para todos os *clusters*:

$$J(C) = \sum_{j=1}^K \sum_{x_i \in c_j} \|x_i - \mu_k\|^2 \quad (4.10)$$

As medidas de *clustering* servem para quantificar a qualidade dos *clusters*. É sabido que quando há muitas conexões dentro dos *clusters* (*clusters* compactos) e poucas entre os *clusters* (grande distância entre *clusters*), a qualidade de *clustering* é melhor.

Para avaliação do resultado do algoritmo de *clusters* existem três técnicas (KOVÁCS; LEGÁNY; BABOS, 2006). A primeira, chamada de Critério Externo, a qual mede a qualidade baseada em algumas informações do usuário. A segunda, chamada de Critério Interno, se baseia em métricas do conjunto de dados e de *clustering*. Finalmente, a terceira técnica, chamada de Critério Relativo, compara o resultado de diversos algoritmos de *clustering* para o mesmo conjunto de dados.

4.3.3 Clustering

Clustering fornece uma maneira de entender e extrair informações relevantes de grandes conjuntos de dados. A abordagem em relação a questões de representação de dados e medidas de similaridade entre os diversos grupos e a necessidade de definição de parâmetros iniciais são as principais diferenças entre os algoritmos de *clustering* que influenciam na qualidade de divisão dos *clusters*.

O conceito de *clustering* engloba grupos de dados de diferentes formas, densidades e tamanhos que estão presentes em um conjunto de dados. A restrição de alguns desses atributos pode levar a uma distribuição errada dos dados. Os algoritmos de *clustering* clássicos não são capazes de detectar *clusters* de tamanhos diferentes, mas os algoritmos que conseguem detectar os tamanhos são altamente sensíveis a ruído e acabam juntando *clusters* de forma errada.

A produção de uma estrutura hierárquica de *clusters* é uma característica desejada dos algoritmos de *clustering*, pois se consegue produzir diversas possibilidades de divisão para um mesmo conjunto de dados. Essa hierarquia é representada por uma árvore, onde as folhas representam o conjunto de dados, na medida em que a altura da árvore aumenta os dados são agrupados em *clusters*. Cada nível da árvore corresponde a uma partição do conjunto de dados, onde a última partição é formada pela raiz da árvore. Em alguns métodos hierárquicos tradicionais, cada *cluster* é representado por um centroide, e a similaridade entre dois *clusters* é medida pela semelhança entre esses centroides.

Três algoritmos foram desenvolvidos para a identificação de comunidades em redes complexas. O método de detecção de comunidades, é baseado no conceito de centralidade de intermediação de cada aresta da rede. Em cada interação a aresta de maior valor de intermediação é removida, dividindo a rede em comunidades (NEWMAN; GIRVAN, 2003). O segundo método baseia-se no conceito de movimento Browniano para calcular a distância entre os nós da rede. Através da distância é calculado um índice de dissimilaridade entre os nós, utilizados na divisão da rede (ZHOUA; WANGB; DOUGHERTYA, 2002). O terceiro método sugere um algoritmo que otimize o valor de modularidade, medida usada para qualificar uma partição específica da rede em comunidades (NEWMAN; GIRVAN, 2003).

A teoria de grafos considera, principalmente, grafos formados por poucos vértices, além da busca de soluções exatas para os problemas. Além disso, a área de redes complexas trabalha com redes grandes, as quais modelam sistemas reais que consistem em milhares de nós. Essa área tem alta robustez e eficiência, pois não busca uma solução ótima mas apenas uma solução satisfatória.

Os métodos aglomerativos, também conhecidos como ascendentes, começam a análise com quantos grupos ou indivíduos existem. A partir destas unidades iniciais vão se formando grupos, por ordem ascendente, até que no final do processo todos os casos tratados estejam englobadas no mesmo aglomerado.

Todos os métodos de agrupamento requerem uma medida de similaridade. Essa métrica é escolhida dependendo do problema, da natureza das variáveis, da escala das medidas e de como se deseja fazer o agrupamento dos itens e o agrupamento de variáveis. Essa métrica de similaridade pode estar em função de algum tipo de distância ou uma função que considera as variáveis, unidades ou casos em que se quer desenvolver o estudo.

Os resultados do agrupamento são representados em um dendrograma, que é um tipo de representação gráfica, uma estrutura em forma de árvore que organiza os dados em subcategorias que se dividem em outra até chegar ao nível de detalhe desejado. Este tipo de representação permite ver claramente as relações para o agrupamento de dados, mas não mostra as relações de similaridade ou de proximidade entre as categorias. Observando as subdivisões sucessivas pode se ter uma ideia sobre os critérios para agrupar dados, a distância entre os dados de acordo com relações estabelecidas, etc. Também é

feita referência ao dendrograma, Figura 30, como a ilustração de grupos decorrentes da implementação de um algoritmo de *cluster* hierárquico, onde a escala vertical representa o nível de similaridade ou dissimilaridade e o eixo horizontal os elementos da amostra na ordem relacionada à história do agrupamento.

Figura 30 – Exemplo de dendrograma

Fonte: Autora

Ao trabalhar em *clustering* se devem definir metas e prioridades para a identificação e resposta coordenada dos dados do *cluster*. Com os resultados de *clusters* e os objetivos definidos, se identificam e analisam as lacunas e as lições aprendidas não descobertas com o desenvolvimento matemático de redes complexas. Também se consegue propor e implementar a incorporação de modificações nas funções ou atividades, nas relações entre os atores do *cluster* e em preencher as lacunas para alcançar a proposta de uma gestão de mobilização dos recursos.

4.3.4 Exemplo de agrupamento hierárquico

Para o desenvolvimento se começa com um grupo de 7 indivíduos (D1, D2, ..., D7) dos quais se tem informação codificada por um conjunto de variáveis n . Se estabelece um critério de similaridade para determinar a matriz que permite relacionar a semelhança dos indivíduos. Logo se escolhe um algoritmo de classificação para determinar a estrutura de agrupamento dos indivíduos se obtém a matriz da Figura 31 e, por ultimo, é especificada a estrutura por meio do dendrograma.

Para o desenvolvimento do exemplo se trabalha com os valores da Figura 31.1, que são valores aleatórios mas que pressupõem uma análise preliminar das variáveis. Cada variável que passou pelo análise é representada por um valor e, a partir daí, a classificação começa. Para classificar corretamente os indivíduos se deve determinar quão similares ou divergentes são um para o outro, dependendo de quão diferentes resultem suas representações no espaço de variáveis.

Para medir o quão semelhantes ou diferentes são os indivíduos, há uma enorme quantidade de índices de similaridade e dissimilaridade ou divergência. Todos eles têm diferentes propriedades e utilidades e se tem que estar ciente delas para sua adequada aplicação em cada caso. Sobre o exemplo se trabalha só com o índice de semelhança, com o que um valor baixo entre dois indivíduos indica um elevado grau de semelhança.

Em geral, o nome de distância ou dissimilaridade entre dois indivíduos i e j é uma medida indicada por $d(i, j)$, que mede o grau de semelhança entre os dois objetos ou indivíduos, em relação a uma série de características quantitativas e/ou qualitativas. O valor de $d(i, j)$ é sempre um valor não negativo, e quanto o valor é maior, maior será a diferença entre os indivíduos i e j .

O primeiro passo consiste em calcular a matriz de distância ou matriz de dissimilaridade. Com os valores da matriz se procura o par mais próximo (valor mais baixo), célula cinza da Figura 31.1, (D1-D2) são combinados e um novo conjunto (D8) é formado. Em seguida, se busca o valor mais baixo de D1 e/ou D2 com cada ator. Nesse caso os valores mais baixos são D3 0,4243, D4 0,7071, D5 1,3416, D6 1,5524 e D7 1,5000. É formada a nova coluna D8, Figura 31.2. Com esta nova matriz se procura novamente o menor valor, célula (D6-D7), o aglomerado D9 é formado e de novo se procuram as distâncias mínimas com os outros indivíduos. Esse procedimento é repetido até formar um único conjunto onde estejam todos os indivíduos.

Depois de encontrar os valores de similaridade entre os indivíduos se pode desenvolver a árvore ou dendrograma. Este passo foi realizado com o programa Rstudio baseado em linguagem R que permite vários métodos de calculo de distâncias. Os métodos disponíveis são: distância Manhattan, é soma das diferenças absolutas, distância mínima entre o aglomerado encontrado e os outros atores, e a função de *agnes* (KAUFMAN; ROUSSEEUW, 2005) da biblioteca *clus*. A função *Agnes* constrói uma hierarquia de agrupamentos. Em primeiro lugar, cada observação é um pequeno grupo por si só. Os agrupamentos se mesclam até que apenas só um grande grupo contém todas as observações. Em cada fase, os dois grupos mais próximos são combinados para formar um grupo maior, Figura 32.

Figura 31 – *Cluster* hierárquico com cálculo da menor distância.

Fonte: Autora

Figura 32 – Dendrograma correspondente ao exemplo da Figura 31

Fonte: Autora

Sabendo os passos que devem ser seguidos para o conhecimento e formação de *clusters* por agrupamento hierárquico, é importante identificar e definir uma boa medida de similaridade para cada contexto, No Capítulo 5 será definida a métrica sobre o conhecimento do problema e suas características .

4.4 Discussão dos resultados do o estudo de métricas de redes complexas e otimização

Se escolheram as métricas de centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e *Resistance Distance*, pelo fato de que ao avaliá-las no grafo se obtêm conhecimento físico da localização das entidades, constata-se a importância de cada uma das entidades na comunicação de toda a rede e verifica-se a acessibilidade de cada vértice para os usuários.

Além da escolha de métricas de grafos se trabalha com o método de *clustering*, isso para focar na importância das relações entre as entidades, pois essas relações fortalecem o desenvolvimento de habilidades para os usuários do serviço.

Através do estudo de métricas de grafos pode-se chegar à identificação de necessidades e problemas, e identificação de satisfação de requisitos definidos pelo usuário. Essa afirmação baseia-se nos resultados da Tabela 5, onde estão todos os valores da função *fitness* obtidos em 4 casos diferentes e o vetor de 1 e 0 que mostra as características que atendem os requisitos definidos, percentagens de satisfação de cada característica e a porcentagem de atendimento entre os caminhos com o mesmo nó de partida.

Os resultados obtidos nas rotas com saída no nó 1 mostram uma porcentagem de atendimento do requisito de custo de transporte do 50%, pelo qual o usuário só alcança a

metade dos nós da rede a um custo de 3. Com o requisito de tempo acontece o mesmo, mas com o número de caminhos a porcentagem é 0% mostrando um problema de isolamento. Com a porcentagem total obtida se conhece a porcentagem de nós que são possíveis alcançar cumprindo todos os requisitos. No caso com saída desde o nó 1 se obtém uma porcentagem de alcance dos outros nós com atendimento de um, dois ou até três de 33,34% o que afeta os valores médios da função *fitness*, porque ao ter uma porcentagem menor a 50% o valor da função também estará mais perto de zero ou abaixo dele.

Nas rotas que partem do nó 2, as porcentagens obtidas no caso de cada uma das características e a porcentagem total têm o mesmo valor de 66,67%, com o qual pode-se dizer que este nó está melhor localizado na rede para conseguir o atendimento dos requisitos, uma vez alcançado o atendimento de cada um dos requisitos em uma mesma rota. Onde se obtém um valor de *fitness* negativo é o caso em que a prioridade está sobre o custos de transporte, pelo qual se pode concluir que, se o valor de custo sofre uma modificação ou o usuário é flexível em relação à prioridade desta característica, o nó é adequado para ser um ponto de partida e alcance dos outros nós e consegue atender valores impostos externamente.

Ao ver os resultados das rotas com saída no nó 3, se tem um maior número de resultados positivos em comparação com os dois casos anteriores, o atendimento da característica de tempo é cumprida em 100% dos casos, e se pode propor uma mudança nas outras duas características para melhorar o desempenho e atingir valores positivos. O atendimento de porcentagem global é alta 83,34%, comparado com as duas anteriores, pelo qual se sabe que existe uma boa distribuição de atendimento dos requisitos nos caminhos com os outros nós da rede.

Para o nó de saída 4 os mesmos resultados do nó 2 são obtidos, mas os vetores e valores *fitness* mostram um problema de alcance para o nó 4 e o nó 1 e entre o nó 7 desde o nó 2. Isso confirma que estes dois nós, 7 e 1, estão localizados nas extremidades da rede.

Com o nó 5 se obtém resultados negativos com os nós 1 e 7, mas se alcança uma maior porcentagem global de satisfação dos requisitos das características, 66,67%. Partindo-se desse nó também se consegue maior satisfação no atendimento do requisito de custo dos caminhos até outros nós da rede e o requisito de tempo é satisfeito para metade dos nós.

Com o nó 6 as porcentagens obtidas são as mesmas que no caso do nó 5, mas os valores de *fitness* são baixos, com o qual a contribuição de cada recurso para a função é baixa mas positiva.

Nos caminhos com saída nó 7 são observados os mesmos problemas do nó 1, e também só se têm duas rotas que satisfazem mais do que um requisito. A porcentagem de satisfação do custo de transporte é inferior aos dos outros casos e o atendimento do tempo é de 50%, mas o principal problema está no número de rotas pois este nó pode ficar

facilmente isolado da rede.

Com os resultados da Tabela 5 também se observa ser possível fixar um valor total de fitness e identificar quais rotas conseguem satisfazer esse valor e em quais casos de prioridade. Por exemplo, caso se fixe um valor $FIT(rota) \geq 0,4$, só se consegue cumprir nas rotas de células de cor cinza em diferentes casos de prioridade. Com isto, as duas primeiras células que atendem a essa restrição estão na rota 1-2, onde na primeira célula é a prioridade do custo e a segunda o tempo de viagem. Para o número de caminhos não se consegue cumprir o valor de $FIT(rota)$ imposto, pelo qual se pode trabalhar na estrutura física da rede para gerar outros caminhos alternativos ou mudar o valor da prioridade, sendo mais flexível e/ou colocando maior prioridade em outra característica. As células cinza escuro representam os caminhos que não atendem o valor imposto nesses caminhos se deve fazer uma mudança para o atendimento do valor da função e tal modificação pode levar a uma mudança completa na rede ou a criação de novos vértices e arestas, modificando custos ou outras implantações de serviços para o usuário. Com o descrito se pode pensar em possibilidades de satisfação dos requisitos de usuários e/ou serviços que devem ser atendidos em uma região antes de serem implantadas novas tecnologias na região. Além disso, esse desenvolvimento de grafos e função de *fitness* também ajuda no descobrimento de possíveis problemas e soluções nos serviços atuais.

Finalmente observando os resultados positivos da função *fitness*, se pode propor trabalhar com uma faixa de valores que se queiram conseguir nas possíveis rotas da rede e como alcançar isto com modificação nas prioridades ou nos valores das características. Nas rotas com saída no nó 3, se tem maior atendimento dos requisitos e valor da função de *fitness* acima de 0,5 ou próximo. Na rota de nó 3 ao nó 5 se atende só no caso onde o custo tem maior prioridade pelo qual nos demais casos se precisa de uma modificação física na região para o grafo mudar.

A partir da Tabela 5, se pode fazer uma comparação com os valores das métricas da rede. A partir das percentagens globais se observa uma ordem nos nós de satisfação de requisitos, 3, 2, 4, 5, 6, 1 e 7; para o requisito da característica custo a ordem é 3, 5, 6, 4, 1 e 7; para a variável de tempo a lista fica 3, 2, 4, 5, 6, 1 e 7; e pelas rotas fica 2, 3, 4, 5, 6, 1 e 7. Ao comparar tais resultados com os da Seção 4.2.8, se percebe que a ordem de percentagens globais, tempo, e centralidade de proximidade é igual, mas as informações que se obtêm são diferentes pois os valores representam em um caso o atendimento de requisitos e valores nos caminhos, e no outro informações de distância e caminhos existentes na rede. No caso de percentagem de rotas e a centralidade de intermediação, é a mesma, mas em um caso se faz um estudo de se existe mais que uma rota e no outro a influência de um nó nas rotas da rede.

5 Identificação de serviços e especificações que se podem atender com Internet das Coisas

Há estudos estatísticos feitos pelo IBGE e estudos de caso de contextos, problemas e necessidades documentados pelo ITS (IBGE, 2014) (BRASIL, 2014). Esses estudos identificaram um problema de alta prioridade, a inclusão social, inclusão não só de pessoas com deficiências, mas também fizeram referência a cidades satélites e ao acesso a serviços e informações para o usuário.

Para verificar a caracterização e identificação de problemas em vários contextos é desenvolvida neste Capítulo, descrição de uma cidade hipotética com serviços oferecidos para seus moradores e suas características de acesso. O contexto é modelado por meio de grafos ponderados e por meio deles faz-se a identificação e caracterização dos serviços, problemas e necessidades que podem surgir durante o fornecimento e acesso a eles.

5.1 Exemplos de serviços públicos e contextos de uma cidade

Uma cidade oferece diferentes serviços aos habitantes da região, como por exemplo: saúde (hospitais, clínicas e postos de saúde), educação (creches, escolas e universidades) e espaços públicos e de entretenimento. Em cada um desses serviços é necessário satisfazer requisitos de segurança e de bom serviço aos usuários, que devem fazer um bom uso para obter um serviço organizado e acessível para todos.

Na área da saúde, por exemplo, existem diferentes entidades como clínicas, hospitais e postos de saúde, que necessitam de um sistema de agendamento de consultas e exames. Nesse sistema, o usuário entra em contato com o serviço para agendar uma consulta com a finalidade de fazer um *checkup* anual com seu médico de preferência. A recepcionista procura uma data e uma hora disponível na agenda do médico e marca a consulta. Depois de realizar a consulta, o médico pode prescrever medicamentos e exames em casos necessários. Outro paciente pode precisar de atendimento prioritário por causa de alguma urgência ou alguma dor, por isso, no lugar em que ele se encontra deve escolher a qual hospital, clínica ou posto de saúde se deslocar para ser atendido.

Durante o tempo em que o paciente esteve no serviço de saúde, podem ocorrer alguns erros médicos que frequentemente são devidos a sistemas de controle interno. A administração do serviço deve assumir a responsabilidade desses assuntos. Se necessita conhecer a disponibilidade dos recursos mais eficazes para a apresentação de relatórios,

pois em papel às vezes chega a ser confuso. A necessidade de conhecimento do paciente é de alta importância para o tratamento e para as estatísticas do serviço na região. Cada vez que o paciente ingressa no serviço de saúde, é gerado um relatório dos tratamentos, medicamentos e exames realizados, e assim é possível ter um conhecimento dos eventos, hospitais e doenças anteriores do paciente. Esse conhecimento da história de uso do serviço pelo paciente deve oferecer uma experiência confortável para ele, sem erros de dupla prescrição de medicamentos, exames ou tratamentos, gerar uma melhor eficiência na gestão do uso do serviço e um controle dos tratamentos do paciente e conhecimentos de seu estilo de vida.

Na área da educação também se têm diferentes entidades localizadas na região, escolas podem receber seus alunos em duas horas diferentes durante o dia, as creches recebem alunos somente no horário da manhã e nas universidades o horário de funcionamento é das 7 da manhã às 10 da noite, mas os estudantes são os que organizam seus horários, e por tanto cada aluno tem seu horário de entrada e horário de saída dependendo das aulas escolhidas e oferecidas. Alguns serviços das universidades têm um horário fixo para qualquer estudante como a academia, a biblioteca e os serviços de alimentação.

Os estudantes de ensino médio, devem entrar na escola às 7 da manhã e saem ao meio dia, e os alunos de pré-escola e de ensino fundamental, devem entrar às 2 da tarde e sair às 6 da tarde. Os alunos do primeiro horário podem ingressar e sair sós se moram a uma distância do colégio menor que 1 km; os estudantes do horário da tarde devem chegar e sair acompanhados de seus pais ou algum adulto responsável. Ao chegar os estudantes na escola, cada professor deve estar na sala de aula, receber os alunos e fazer a chamada; por conta disso os professores devem estar 15 minutos antes na escola.

As crianças que estão na creche devem chegar e sair com um adulto responsável e os professores devem estar atentos a onde se encontram as crianças para organizar atividades e para a segurança deles.

Para o uso dos ingressos nos espaços públicos oferecidos pela cidade, lugares como museus e cinemas têm venda de ingressos agendados individuais ou para grupos. O usuário entra em contato para agendar e saber quais filmes ou exposições estão disponíveis e em quais horários. O atendente confirma os horários e os dias disponíveis para fazer uma reserva. No dia do evento o usuário deve chegar com 15 minutos de antecedência da exposição ou filme e pega os ingressos na entrada. Quando são vendidas entradas para grupos, o estabelecimento precisa saber os lugares nos que seus visitantes já estiveram para fazer um controle de visitas, manutenção de salas e um possível estudo das preferências do grupo ou de cada indivíduo.

Para o acesso a todos os serviços, o serviço de transporte oferece aos usuários viagens desde os bairros onde eles moram para seus espaços de trabalhos, de estudo ou de entretenimento, esse serviço está formado por distintos meios, como: transporte coletivo,

metrô, trem, taxi, entre outros.

Em cada serviço se requer satisfazer um nível de funcionamento e ter uma comunicação efetiva entre o usuário e a entidade para o conhecimento do serviço, o que os usuários esperam receber da entidade e as características que a entidade deve e consegue oferecer para eles.

Para oferecer um conhecimento do serviço se requer um controle e um conhecimento interno da entidade, informações relevantes e caminhos que esses usuários podem percorrer.

Em cada serviço descrito anteriormente se deseja alcançar objetivos diferentes. Por exemplo, no serviço de saúde, ter a possibilidade de um acompanhamento do paciente, medicamentos e exames para a prevenção de erros, conhecimento de horas de medicação, controle de estoque, cronograma de uso das salas e agendamento de exames. Além disso, conseguir um acompanhamento clínico para futuras ocasiões de uso do serviço e comunicação com o paciente fora da entidade e um conhecimento geral do estado de saúde da população e das entidades que fornecem os serviços.

No contexto de educação dependendo do nível de escolaridade pode ser necessário obter informações diferentes de cada aluno ou grupo de alunos. Por exemplo, nos níveis de creche e escola os professores devem ter um controle de cada criança para sua segurança na instituição, informação dos responsáveis, oferecer atividades adequadas a cada estudante e assim eles poder obter uma recompensa através do conhecimento adquirido e atividades realizadas. Essas recompensas podem ser moedas criativas.

As moedas criativas foram criadas para participar em videogames, ganhar benefícios em clubes de fidelidade ou compras, vinculadas a redes de cartões e transações. A mudança de moedas para a forma digital é o ponto de partida para a criação de dinheiro para trocar, distribuir e organizar a arte, cultura, educação, ciência e tecnologia, o que promove o empreendedorismo na cidadania. A moeda criativa digital tem um fim social e não depende de nenhum banco central oficial, facilitando a troca de informações, produção de cultura, arte e solução de problemas (SCHWARTZ, 2015).

Quem aceita usar moedas criativas como moeda de troca aceita fazer parte de uma iniciativa que visa investir no desenvolvimento local da educação, cultura e/ou esportes. Circular este tipo de moeda em uma comunidade é fomentar uma distribuição de saberes e práticas criativas de impacto social. Assim, o que se propõe é a criação de uma nova forma de pensar a economia: as moedas criativas permitem a acumulação de reservas de conhecimentos. E assim, uma poupança de moedas criativas é utilizada para desenvolver uma comunidade, não apenas para gerar riquezas financeiras, mas também trabalhando com conceitos necessários, de colaboração e coletividade.

Na área de transporte se requer um serviço que ofereça um deslocamento a um preço baixo, com o melhor tempo e alta qualidade para o usuário.

5.1.1 Estudo de caso em uma cidade hipotética

Para exemplificar o uso prático do estudo de métricas, será descrita uma cidade hipotética na qual se oferecem os serviços de saúde, educação e transporte. Com essa cidade é proposto um modelo de grafo dos serviços e entidades existentes e, a partir deles, faz-se a identificação de necessidades e nível de atendimento dos serviços usando algumas das métricas estudadas no Capítulo 4.

- Saúde

Uma região localizada em uma cidade conta com um serviço de saúde, o qual oferece um atendimento em 3 clínicas médicas, SP, SS, SC. Nelas se têm especialidades para diferentes faixas etárias e planos de saúde. A clínica SP é caracterizada por: a prioridade de atendimento para adultos idosos, doenças de tratamento de longo prazo (duração de 1 ano ou mais) e pela localização, próxima ao ponto de interconexão entre diversos sistemas de transporte da cidade. A clínica SS tem especialidade e assistência para todas as faixas etárias, horário especial para realização de exames com agendamento prévio e está localizada em uma entidade de educação superior onde são oferecidas aulas práticas para estudantes de medicina. Finalmente, a clínica SC recebe pacientes que já foram atendidos nela e/ou que tenham sido enviados por um posto de saúde. Existem 3 hospitais, H1, H2, H3, aos quais são enviados pacientes que precisam de cirurgia e controle depois de finalizado algum tratamento. Na região se têm disponíveis 4 pontos de pronto socorro PA1, PA2, PA3, PA4, para atendimento a qualquer usuário e 2 pontos de entrega de medicamentos, M1, M2, para usuários do serviço.

O grafo da Figura 33 representa as entidades de saúde disponíveis (vértices de cor amarela), área de moradia de usuários (vértices de cor verde) e finalmente nas arestas os serviços existentes nesse caminho: troca de informações, assistência ambulatoria e acesso a medicamentos. Por exemplo, a aresta de C2 a SP é caracterizada pelo vetor $[1, 0, 1]$ indicando a satisfação das características de Intercambio de informações e acesso de medicamentos. No sentido contrário, a aresta de SP a C2 não satisfaz nenhuma característica dado que seu vetor de caracterização é $[0, 0, 0]$, ou seja, a aresta de SP a C2 na pratica não existe.

- Educação

O serviço de educação consiste em 11 entidades de educação: 6 colégios, 3 creches e 2 universidades. Cada entidade realiza diferentes atividades em diversos espaços da cidade e da própria instituição, assim se deve garantir um controle de localização dos estudantes e um acompanhamento do conhecimento adquirido em cada atividade.

Um exemplo do serviço de educação e espaços lúdicos acontece em uma visita dos estudantes a um museu ou a um parque temático de ciência e tecnologia localizado

Figura 33 – Grafo de pontos de serviço de saúde em uma cidade

Fonte: Autora

no centro da cidade. Em cada espaço um professor lidera um grupo de 15 alunos e precisa acompanhar o grupo a passar por todas as atividades oferecidas num tempo de 6 horas, incluindo tempos livres para o almoço e pontos de interesse individual. Em educação superior, uma das universidades permite aos alunos de medicina acompanhar aulas práticas em instituições próximas, com agendamento prévio de salas, dispositivos médicos e casos de pacientes, pois esses recursos são compartilhados com os estudantes de medicina da cidade.

Algumas entidades educativas têm diversas ferramentas com as quais os estudantes podem compartilhar informações de visita, realização de atividades, alcance de objetivos, atendimento de instruções e currículo planejado para cada grupo. Alguns dos problemas que se apresentam são controle e avaliação do conhecimento adquirido pelos estudantes nas atividades programadas. As instruções somente são dadas para os estudantes na sala de aula, as instituições não compartilham informações com os espaços lúdicos e dão a seus estudantes uma aprendizagem tradicional, com um currículo rígido, onde cada aluno não consegue desenvolver e conhecer suas habilidades, para aproveitar seus estudos em solução de problemas que tenham interação com os cidadãos e os recursos da cidade.

No grafo da Figura 34 se apresentam nos vértices de cor roxo entidades de educação, nos pontos de cor verde zona de comunidades de moradores de usuários, nos vértices de cor laranja um museu e um parque temático, com diferentes atividades para o complemento de estudos dos usuários e nas arestas são modeladas três relações entre os pontos, primeira número de caminhos físicos existentes entre cada par de nós; segunda atividades cooperativas e ultima o uso de moedas criativas. As duas últimas características podem assumir valores de 1 e 0, em que 1 indica a existência do recurso.

- Transporte

As vias de transporte compõem uma rede, onde cada dia é realizada mais da metade das viagens dos cidadãos, demais viagens são feitas em veículos privados, sendo o automóvel particular o mais usado. Em relação ao transporte público, a maior parte dos deslocamentos são realizados em metrô, seguido de ônibus e táxis. A integração de cada um desses transportes é baixa, já que os diferentes sistemas têm crescido de forma independente, sem nenhum planejamento combinado. Em consequência, não existe um sistema de pagamento integrado que facilite aos usuários pré-pagar suas passagens e abordar com facilidade cada um deles. Os que têm não são compatíveis, o qual aumenta os custos de transporte.

O metrô conta com uma rede pequena em quilômetros, mas com uma enorme capacidade de transporte anual. Se conta com 11 linhas um total de 20 estações das quais: 9 são de passagem (EP); 8 de baldeação e 7 terminais (Ter e TI), 4 delas são

Figura 34 – Grafo de pontos de serviço de educação em uma cidade

Fonte: Autora

intermodais. Ele está construído de forma subterrânea, superficial e viaduto elevado: 10 estações são subterrâneas; 6 superficiais e 4 de viaduto elevado.

Figura 35 – Grafo de transporte em uma cidade

Fonte: Autora

O sistema de transporte está representado no grafo da Figura 35, com os pontos de chegada existentes na região e suas respectivas distâncias em quilômetros, também é considerado o custo de transporte para o deslocamento entre dois vértices e finalmente a velocidade média do transporte público em cada caminho. As características se mostram com um vetor numérico, onde o primeiro valor indica a distância em quilômetros entre nós, o segundo é um valor representativo do custo e o terceiro a velocidade média em quilômetros por hora.

Os grafos das Figuras 33, 34 e 35, são aleatórios no sentido em que representam uma cidade hipotética e não um caso real. Não foram realizados estudos prévios para

justificar a elaboração de tais grafos, mas eles são suficientes para uma validação dos conceitos neste trabalho.

5.2 Objetivos para a solução do problema no serviço de educação na cidade hipotética

A educação é uma aprendizagem integral que envolve toda a vida e todos os aspectos do ser humano, apresenta duas formas: a educação formal e sistematizada também chamada de formação, e a educação informal. Pode surgir uma confusão de terminologias nesse tema, quando se mistura a educação formal com a orientação, a capacitação, o treinamento e outros, sendo conveniente definir cada conceito acordo ao nível das ações que sejam realizadas (VELEZ, 1983).

- A orientação é guiar o usuário através das áreas, serviços e recursos. Young, (VELEZ, 1983), diz que a orientação geralmente procede a instrução e é familiarizar o novo usuário com o ambiente físico.
- A capacitação é a transmissão de conhecimentos teóricos e práticos básicos indispensáveis para que o sujeito possa realizar uma tarefa específica.
- O treinamento consiste em mostrar o uso de alguma ferramenta de trabalho: cai no campo de conhecimentos práticos.
- Chama-se de produção ou difusão as atividades que se dão a conhecer por diferentes meios o que é, o que tem e o que oferece, criando uma imagem com o fim de que os usuários acudam a ela (cartéis e sinalizações). .

Finalmente, para fins do programa da UNESCO, foram definidas a educação e a formação do usuário de uma forma genérica, a qual inclui todo projeto ou programa destinado a orientar e ensinar aos usuários, individual ou coletivamente com o objetivo de facilitar o reconhecimento de suas próprias necessidades de informação, a formulação dessas necessidades, a utilização efetiva e eficaz dos serviços de informação e avaliação desses serviços (TOCATLIAN, 1978).

Com as novas tecnologias surge a necessidade da criação de programas onde seja possível a integração da tecnologia na educação ou a diferentes áreas. Por exemplo, na Suécia o governo teve a necessidade de estruturar um programa, In servisse IT, para lembrar aos professores do sentido original do que é um processo de aprendizagem, além de habilitá-los para o uso de tecnologias de Internet em seus programas escolares (LITWIN, 2016).

Hoje em dia se vive em uma sociedade da informação, na que a tecnologia tem multiplicado o volume de informação acessível e a velocidade da transmissão além do que se tinha podido imaginar há alguns anos.

Enquanto as pessoas em qualquer parte do mundo não possam abordar essa informação com um espírito crítico, não possam analisa-lá, seleciona-lá e incorporar os elementos que sejam de interesse na base de conhecimento que eles já possuem, essa informação não deixará de ser uma massa de dados indistintos. É evidente também que a informação cria as condições para que o conhecimento adquira proporções ainda mais dinâmicas e potentes.

Uma grande quantidade de indicadores que tinham funcionado para avaliar a qualidade dos sistemas educativos não funcionam mais. Espera-se que o conteúdo dos cursos no futuro seja modular e como resultado ocorrerá uma mudança na forma em que sejam registrados os estudantes graduados. Mais do que certificar o grau ou curso de estudo, provavelmente será certificada a aprovação nos módulos de aprendizagem, como complemento da realização de um grau (FERNANDES; GREMAUD, 2009).

Na realidade isso já vem ocorrendo com alguns sistemas de educação aberta, onde se evita aplicar critérios como os de deserção ou abandono, e se tem incorporado outros como os de aquisição de objetivos de aprendizagem, e são destacados outros igualmente importantes como o os de egresso, pois é considerado que tal egresso desaparecerá gradualmente ante a predominância da educação para toda a vida.

Dada essa base de importância do serviço de educação numa sociedade, se quer encontrar soluções para um atendimento dos requisitos na cidade hipotética apresentada neste capítulo, onde os usuários tenham acesso às entidades de educação e exista um conhecimento das novas oportunidades de uso de atividades cooperativas entre as entidades e os usuários, aquisição de conhecimento por atividades lúdicas e uso de moedas criativas para modificação e acesso à educação em diferentes níveis, dessa forma lograr um modelo de serviço flexível que englobe as características e interesses de cada indivíduo para conseguir uma aprendizagem efetiva e contínua, para o desenvolvimento social e dos interesses individuais.

Ao desenvolver o estudo sobre o serviço de educação, se deve levar em conta que para o acesso a esse serviço também existe a possibilidade de uma integração de serviços de transporte e serviços de saúde. Por exemplo, moradores de alguma região precisam de certo tipo de transporte para o deslocamento, por esse motivo se deve conhecer topologicamente os caminhos para conhecer a localização da entidade na cidade. Pela descrição da cidade se conhece que entidades oferecem serviços para contextos diferentes. Entidades de saúde oferecem aulas práticas para estudantes ou crianças de primeira infância, que devem ter conhecimento de higiene pessoal, cuidado dos dentes e aplicação de vacinas para a segurança da comunidade e de cada indivíduo.

Para alcançar os objetivos, se devem conhecer os caminhos físicos entre as entidades e entre as entidades e os usuários, para poder tem um critério de acessibilidade física e do deslocamento do serviço na cidade. Outra aspecto que se deve conhecer é baseado em se as atividades cooperativas existentes são suficientes e quais faltam ou devem ser modificadas para uma aprendizagem transversal e como o usuário pode fazer uso de moedas criativas para demandas de educação individual com sentido de um benefício social e individual.

Com a descrição da cidade hipotética e o desenvolvimento de conhecimento e identificação de problemas e serviços por meio de métricas, se quer identificar problemas de isolamento de população, integração de atividades lúdicas em ambientes diferentes para cada nível de educação, disponibilidade do uso de moedas criativas por todos os cidadãos para a aquisição de conhecimentos, definir prioridades entre os usuários que queiram acessar a um dado serviço e modificar o oferecimento de um serviço para satisfazer critérios de atendimento da cidade hipotética.

5.3 Conhecimento do serviço de educação em uma cidade hipotética por meio de métricas de grafos

O grafo da Figura 34 mostra a distribuição de entidades na cidade. Como primeiro conhecimento da região e seus serviços, se deve obter o resultado das métricas de centralidade de proximidade e intermediação, com as quais se poderá identificar os nós de difícil acesso e de pouco aporte para a distribuição de informações na rede.

Tabela 6 – Centralidade de proximidade

C1	U2	G1	E2	C2	C3	E3	M	PT
0,304	0,304	0,415	0,548	0,436	0,362	0,500	0,309	0,436

E6	G2	C4	C5	G3	E5	U1	E4	E1
0,378	0,278	0,486	0,415	0,354	0,266	0,395	0,405	0,321

Os resultados da métrica de centralidade de proximidade, Tabela 6, mostram que a propagação de comunicação entre qualquer par de nós é possível, o nó E2 é o mais central a toda a rede e o nó E5 é o nó que está localizado mais distante de todos, com o que a distribuição das entidades do serviço de educação, atividades lúdicas e comunidades é aceitável, pois não existe nenhum nó com resultado da métrica maior que 0,55 nem menor que 0,26.

Com os resultados da centralidade de intermediação, Tabela 7, se pode perceber problemas com os nós G1, E2 e C2, pois eles têm uma influência maior nos caminhos na rede, com o que se surgir um problema com eles a rede terá vários nós isolados. O nó E2 mostra um valor de métrica igual a 94,933 com o qual se devem fazer serviços muito

Tabela 7 – Centralidade de Intermediação

C1	U2	G1	E2	C2	C3	E3	M	PT
12,000	12,000	61,167	94,933	72,667	0,000	17,733	0,000	27,967

E6	G2	C4	C5	G3	E5	U1	E4	E1
50,133	0,000	28,533	20,133	34,800	0,000	15,200	32,400	1,600

robustos para os demais nós, pois a existência de caminhos chega a depender de tal nó. Para mudar essa situação se deve melhorar a distribuição de informação entre os caminhos visando obter uma distribuição adequada dos resultados da métrica na rede.

Tabela 8 – Número de arestas que devem ter algum problema para que nós fiquem isolados

	C1	U2	G1	E2	C2	C3	E3	M	PT	E6	G2	C4	C5	G3	E5	U1	E4	E1
C1	0	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2
U2		0	2	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2
G1			0	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2
E2				0	3	1	3	1	3	2	1	3	3	2	1	3	3	2
C2					0	1	3	1	3	2	1	3	3	2	1	3	3	2
C3						0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
E3							0	1	3	2	1	5	5	2	1	4	4	2
M								0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PT									0	2	1	3	3	2	1	3	3	2
E6										0	1	2	2	2	1	2	2	2
G2											0	1	1	1	1	1	1	1
C4												0	5	2	1	4	4	2
C5													0	2	1	4	4	2
G3														0	1	2	2	2
E5															0	1	1	1
U1																0	4	2
E4																	0	2
E1																		0

Fonte: Autora

A Tabela 8 mostra o número de arestas que se devem danificar para que dois nós fiquem isolados no grafo de educação, Figura 34.

Tabela 9 – Valores da métrica de caminhos físicos associada à Tabela 8.

	C1	U2	G1	E2	C2	C3	E3	M	PT	E6	G2	C4	C5	G3	E5	U1	E4	E1
C1	0	7	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
U2	7	0	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
G1	6	6	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
E2	2	2	2	0	7	4	5	2	7	5	2	5	5	4	1	5	5	2
C2	2	2	2	7	0	4	5	2	7	5	2	5	5	4	1	5	5	2
C3	2	2	2	4	4	0	4	2	4	4	2	4	4	4	1	4	4	2
E3	2	2	2	5	5	4	0	2	5	6	2	8	7	4	1	9	9	2
M	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
PT	2	2	2	7	7	4	5	2	0	5	2	5	5	4	1	5	5	2
E6	2	2	2	5	5	4	6	2	5	0	2	6	6	4	1	6	6	2
G2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	2	2	2	1	2	2	2
C4	2	2	2	5	5	4	8	2	5	6	2	0	7	4	1	8	8	2
C5	2	2	2	5	5	4	7	2	5	6	2	7	0	4	1	7	7	2
G3	2	2	2	4	4	4	4	2	4	4	2	4	4	0	1	4	4	2
E5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
U1	2	2	2	5	5	4	9	2	5	6	2	8	7	4	1	0	9	2
E4	2	2	2	5	5	4	9	2	5	6	2	8	7	4	1	9	0	2
E1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0

Fonte: Autora

A Tabela 9 mostra o valor de caminhos que devem sofrer um problema para que dois nós no grafo da Figura 34 fiquem isolados.

Com o resultado obtido nas Tabelas 8 e 9, se sabe o valor mínimo do número de caminhos físicos que devem sofrer um problema para deixar os nós isolados. Com o código escrito para obter os valores das Tabelas 8 e 9 também se obtém informação dos novos grafos que são obtidos pela separação de dois nós.

A título de verificação, por exemplo, o valor mínimo de caminhos físicos associados a C4 e E3 é 8, pela Tabela 8 vê-se que 5 arestas devem sofrer algum problema para C4 e E3 ficarem isolados as arestas são C4-E2, C4-E3, C4-C5, C4-U1, G3-U1 cada aresta tem um valor associado à característica de caminhos físicos a saber: 1, 3, 1, 1 e 2 respectivamente, cuja soma é igual a 8 comprovando que o resultado obtido na Tabela 9 é correto.

Os resultados obtidos mostram o número de caminhos físicos que conectam as entidades e permite identificar quais são mais difíceis de ser acessadas. Com essa informação se pode propor um novo serviço ou alguma modificação do serviço atual que facilite o acesso entre essas entidades.

Se observa a existência de caminhos físicos entre as diversas entidades do serviço e a comunidade, sendo que o problema de acesso aos serviços pode estar relacionado a problemas de custo, frequência, trânsito ou características próprias do transporte.

Os pontos que podem ficar facilmente isolados são o nó E5 servido por apenas uma via de acesso, seguido de nós como M e PT que têm apenas dois acessos. Nesse segundo caso, se algum dos caminhos é interrompido talvez se pudesse chegar à entidade mas ficar impedido de sair. Um evento que interrompesse simultaneamente o trânsito nas duas vias, por exemplo para manutenção, isolaria o museu da cidade e os moradores ficariam sem acesso a espaços físicos diferentes afetando o aprendizado amplo e interativo dos estudantes.

- Atividades cooperativas e o uso de moedas criativas

Para essas características se trabalha com o conceito de agrupamento hierárquico descrito no Capítulo 4.

Para esse desenvolvimento se propõe a equação $MS(aresta) = \delta * (\text{número de caminhos}) + \epsilon * (\text{atividades cooperativas}) + \lambda * (\text{uso de moedas criativas})$ como medida de similaridade, sendo a soma de δ , ϵ , e λ igual a 1. Os valores desses dependem do tipo de vértices ao que está conectada a aresta e são definidos na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores dos parametros da medida de similaridade

	δ	ϵ	λ
Comunidade-Comunidade	0,333	0,333	0,334
Comunidade-(Universidade, Colégio, Creche)	0,500	0,250	0,250
Comunidade-(Museu, Parque Tecnológico)	0,300	0,400	0,300
(Universidade, Colégio, Creche)-(Universidade, Colégio, Creche)	0,333	0,333	0,334
(Universidade, Colégio, Creche)-(Museu, Parque Tecnológico)	0,333	0,333	0,334
(Museu, Parque Tecnológico)-(Museu, Parque Tecnológico)	0,300	0,300	0,400

Com esses valores se definem diferentes prioridades para as características de atividades cooperativas, entre as entidades educacionais e espaços lúdicos de aprendizagem e também se leva em conta o transporte para obter a informação de acesso físico a diferentes pontos.

Na Figura 36 se obtém o dendrograma de agrupamento hierárquico da rede mostrada na Figura 34, com o uso da medida de similaridade proposta. Se observa que todas as comunidades ficam em um *cluster* antes de ter uma relação com alguma entidade. Os *clusters* formados pelas entidades mostram a preferência de estabelecer relacionamentos entre elas antes de chegar a estabelecer uma relação com os usuários. A medida utilizada enfatiza a importância da comunicação e inter-relação entre entidades de diferentes contextos para oferecer um serviço que melhore o desenvolvimento do usuário e da sociedade.

Figura 36 – Dendrograma - Agrupamento hierárquico

Fonte: Autora

5.4 Proposta de uso de tecnologia em contexto educativo

Alguns dos usos mais importantes da tecnologia estão orientados hoje às comunicações sociais (como Facebook e Twitter), e aplicações na rede, como a videoconferência e jogos em linha, as quais permitem uma ampla gama de novas atividades de colaboração, mesmo nas escolas, dentro de um mesmo país e com países distantes.

Com o objetivo de propor melhorias, soluções a problemas e satisfação dos objetivos que se querem alcançar no contexto exposto na Seção 5.3, as ferramentas digitais fomentam uma rápida interação e um *feedback* rápido, possibilitando que entidades que têm poucos recursos possam estabelecer um caminho digital para a colaboração e uso de aplicativos, programas e serviços digitais de outras entidades, para os estudantes poderem progredir de forma mais rápida e eficaz. As ferramentas digitais podem manter envolvidos os estudantes durante períodos prolongados, enquanto trabalham por sua conta ou em grupos pequenos. Isso pode gerar mais tempo para que o professor possa oferecer *feedback* individualizado a determinados estudantes. O *feedback* imediato torna o pensamento visível, gerando perguntas em entornos colaborativos e redes sociais, e cria dinâmicas para ler e comentar as respostas. Com as ferramentas digitais se pode analisar o progresso de cada estudante e fornecer informação mais relevante e personalizada do que o aluno recebe tradicionalmente.

O uso da tecnologia facilita a interação do estudante não somente com o conteúdo, mas com os desafios e projetos que ajudam o desenvolvimento de suas competências.

Existem muitos dados a nível internacional que mostram que a forma mais eficaz de melhorar os resultados pedagógicos de uma classe, de um centro ou de um país é ter uma aproximação pedagógica individualizada com os alunos de baixo rendimento ou com dificuldades escolares, e também para dar vazão às distintas necessidades dos estudantes com maior capacidade acadêmica. No tratamento pedagógico individualizado desses estudantes, cada um deles dispõe de atividades com suporte digital enquanto o professor está a seu lado, cada estudante avança a seu próprio ritmo e o progresso do grupo se faz mais evidente (TAMIM et al., 2011). Esse fato evidencia o poder de um enfoque pedagógico centrado na atividade do aluno e suportado pela tecnologia. Em um entorno em que cada estudante trabalha a seu próprio ritmo, cada estudante pode levar o tempo necessário para completar atividades e alcançar o progresso esperado.

A simples aquisição de computadores e *tablets*, e dispor de uma banda larga para o acesso à Internet, não será suficiente para conseguir replicar esses exemplos em um grande número de centros ou de aulas, nem levará automaticamente à emergência de mais projetos inovadores de aprendizagem. Os modelos de uso da tecnologia para um bom funcionamento devem combinar com êxito a introdução de ferramentas e conteúdos digitais com novos métodos de ensino e novas estruturas organizacionais. Dado que os sistemas educativos são sistemas complexos com grande quantidade de elementos intimamente ligados, difíceis de pilotar e de transformar, os esforços para mudar somente um elemento ou serviço não terão êxito pois todos os serviços e entidades devem ser objeto de transformação.

Uma atividade proposta para pontos que podem ficar facilmente isolados por conexão física é a Aula Móvel, que se desenvolve em zonas rurais e marginais urbanas, contempla equipamento, recursos digitais, formação e acompanhamento, e sistematiza as boas práticas. Essa intervenção se inicia por permitir o acesso à tecnologia, mas com uma componente forte de formação e acompanhamento, que permite garantir o uso e também empoderar os docentes, dando visibilidade e premiando as boas práticas em aula e criando comunidades virtuais.

A transformação da educação não chegará com a disponibilidade apenas de mais tecnologia, mas de uma reconsideração das formas de ensino e aprendizagem que a tecnologia pode facilitar. É difícil responder à pergunta de que sistema educativo ou que países podem ser considerados modelos neste escopo, simplesmente porque ainda não se dão as condições apropriadas para as novas pedagogias possam se tornar em práticas maioritárias. Por isso também é frequente concluir que os melhores exemplos de inovação digital são sempre casos pontuais que dificilmente podem ser representativos, pois cada contexto é diferente e não se encontram os mesmos recursos nem as mesmas relações entre os serviços e as entidades.

Com professores competentes e com as condições apropriadas, o uso da tecnologia em educação permite criar entornos de ensino e de aprendizagem que facilitam o desen-

volvimento das competências que a sociedade espera hoje dos estudantes. A formação de competências, incluindo as digitais, é cada vez mais importante no âmbito educativo como uma necessidade para a inclusão na sociedade do conhecimento. A tecnologia não é somente um poderoso recurso para a aprendizagem, é uma ferramenta cada vez mais relevante para a vida.

Em conclusão, hoje os estudantes precisam de abordagens pedagógicas de acordo com as necessidades e as expectativas sociais e econômicas do país. Não é suficiente com que aprendam conteúdos, eles têm que desenvolver competências que permitirão colocar um valor nesses conteúdos e todo isso só pode ser conseguido com uma transformação do ensino.

5.4.1 Proposta de solução por meio de IoT

Para atender os objetivos dentro do contexto descrito, propõe-se a implementação de soluções por meio da IoT. A IoT é ideal pois permite a interação entre o mundo físico, real, e as informações disponíveis no mundo virtual. Na sequência são avaliadas algumas importantes plataformas de desenvolvimento de aplicações em IoT que poderiam ser utilizadas na implementação da aplicação descrita neste trabalho

- LinkSmart: A plataforma LinkSmart, Figura 37, é uma plataforma de software aberto que oferece uma coleção de componentes de software para desenvolvedores de sistemas de IoT. As características dessa plataforma são integradas de acordo com o conceito de arquitetura orientada a serviços, que permite que suas características e dispositivos ligados a ela sejam oferecidos para a aplicação como um serviço. Essa característica permite a nível sintático uma ampla interoperabilidade, permite a interação entre os componentes de forma independente tanto da tecnologia de implementação de dispositivos, quanto de sua localização geográfica (FIT, 2016).
- Butler: A plataforma Butler, Figura 38, oferece um modelo de arquitetura integrada a aplicações da IoT sensíveis ao contexto, incluindo camada de comunicação, integrando localização, segurança e modelo de comportamento, e abrangendo domínios de aplicação horizontais. Os componentes da arquitetura são de dois projetos já existentes, FI-WARE e IoT-A (JOACHIM; WALEWSKI, 2012). Os componentes dessa arquitetura foram desenvolvidos pelo projeto em uma abordagem modular, já alcançando alto nível de tecnologia com alguns. O *gateway* Butler proporciona uma plataforma unificadora que oferece a comunicação entre os mundos físico e virtual. Proporciona uma camada de abstração para acessar os dispositivos de IoT de diferentes fabricantes com distintos protocolos. A abstração é baseada em um enfoque de serviço que permite uma melhor gestão da dinâmica do ambiente, o

Figura 37 – Estrutura da plataforma de desenvolvimento LinkSmart

Fonte: Tomada de (SOUZA; AMAZONAS, 2015)

desenvolvimento rápido e fácil de aplicações e características adicionais, tais como a descoberta de serviços, a conexão de tempo real e gerenciamento (BUTLER, 2011).

Figura 38 – Estrutura Butler

(a)

(b)

Fonte: Tomada de (BUTLER, 2011)

- Ubidots: seu objetivo é ser uma referência para o desenvolvimento de aplicações de captura de dados e deixá-los à disposição de aplicações reais. Os desenvolvedores podem utilizar a API de Ubidots para interligar dispositivos à plataforma, Figura 39, e ter seus dados disponíveis na *web* para a visualização em tempo real. Alguns conceitos importantes no entorno de aplicações com Ubidots são (UBIDOTS, 2016):
 - Fonte de dados: trata-se de um dispositivo ligado à plataforma. Uma fonte de dados pode conter uma ou mais variáveis.

- Variável: é uma série de valores medidos no tempo, por exemplo, séries temporais de temperatura em um quarto.
- Valor: é uma medida da variável em um instante de tempo. Por exemplo, 25 graus Celsius, em um quarto, às 15:35.
- Evento: é uma condição definitiva que dará lugar a uma ação da plataforma. Por exemplo, quando a temperatura ambiente chega aos 30 graus Celsius, a plataforma enviará uma mensagem SMS, com o fim de produzir um alerta da medição.
- *Widget*: são visualizações personalizadas da plataforma Ubidots, um gráfico personalizado com a variação da temperatura ambiente nas últimas horas.

Figura 39 – Estrutura da plataforma de Ubidots

Fonte: Tomada de (UBIDOTS, 2016)

5.5 Desenvolvimento da proposta

Nesta seção são descritos os cenários da aplicação Aula Móvel no contexto de educação. São apresentados os casos de uso e sua arquitetura seguindo o Modelo de referência IoT-A.

Para um sistema de IoT, um dos pontos mais importantes é a integração da documentação de software e hardware.

No contexto de educação, os cenários do sistema da aplicação Aula Móvel são os seguintes:

- Servidor: esse sistema é responsável por salvar as informações de localização e temas que são ensinados nos diferentes níveis aos estudantes.
- Criação de estrutura curricular: o sistema Aula Móvel supõe estruturas curriculares preexistentes. No contexto das entidades educacionais as entidades determinam os temas e objetivos que os estudantes devem alcançar em cada nível de estudo.

- **Localização:** esse sistema é responsável pela identificação da região a qual se deve chegar para prestar o serviço. Também está encarregado de realizar as consultas de troca de rotas. No contexto é identificada a zona da cidade e os níveis de estudo dos estudantes.
- **Objetivos alcançados pelos estudantes:** esse sistema é responsável por salvar e avaliar as atividades desenvolvidas pelos estudantes. No contexto permite identificar se as atividades realizadas foram as atividades propostas e se o estudante conseguiu alcançar os objetivos de seu nível.
- **Recompensa:** esse sistema é encarregado de identificar a consecução dos objetivos do estudante e recompensá-lo.

5.5.1 Casos de Uso

Os casos de uso do serviço Aula Móvel estão apresentados nas Figuras 40, 41 e 42. Os casos de uso foram desenvolvidos a partir de um cenário onde a Aula Móvel está em um espaço educacional em uma região com pouca acessibilidade para outras entidades.

Os casos de uso desenvolvidos são a base para a elaboração de modelos do sistema de acordo com o modelo de referência de IoT-A.

5.5.1.1 Casos de uso: estudante

O primeiro caso de uso exposto é o caso em que o ator é o estudante, Figura 40. Este caso de uso está composto por diversas tarefas nas quais o estudante consegue interatuar com o sistema. As tarefas do sistema que precisam das informações do estudante para a aprendizagem são:

- **Obter informações das aulas:** isso permite a um estudante com cadastro no sistema acessar às informações de cada aula para o conhecimento e aprendizado dos temas a serem adquiridos para alcançar os objetivos propostos em cada nível de estudo no currículo.
- **Realização de tarefas:** permite a associação de tarefas a cada estudante dependendo de seu nível de estudo e os objetivos alcançados, novas tarefas podem ser agregadas ou remover tarefas existentes. As tarefas podem ser propostas a vários estudantes.
- **Alcançar objetivos:** é um caso em que o estudante deve atender com a realização de tarefas e com um nível de avaliação por parte dos professores para o desenvolvimento e aquisição do conhecimento e dos objetivos propostos pelas entidades.
- **Seguir currículo:** consiste na realização das tarefas e o consecução de objetivos de cada nível de estudo proposto pelas entidades. Esse currículo pode ser modificado por

Figura 40 – Casos de uso do serviço - Estudante

Fonte: Autora

parte da administração de acordo com as leis ou novos acordos sobre os conhecimentos que os estudantes devem alcançar em cada nível de estudo.

- **Cadastro e localização:** é uma tarefa que adquire as informações de quem entrou no sistema e a localização. Este caso de uso implica conhecimento das informações de cada estudante e seu nível de estudo para determinar que tarefas o estudante pode realizar no lugar que ele se encontra. As tarefas podem mudar de localização ou surgir em um novo espaço da cidade acessível para atividades educativas, sendo necessário adicionar as informações de localização no sistema.
- **Obter recompensa:** oferece ao estudante reconhecimento dos objetivos alcançados através de moedas criativas com as quais pode obter benefícios em espaços de arte, cultura, educação, ciência e tecnologia.
- **Salvar dados:** encarregado de criar a base de dados das tarefas, objetivos e níveis de estudo alcançados por cada estudante cadastrado no sistema. Esses dados são acessíveis aos professores e aos administradores para um controle do progresso e acompanhamento do estudante e seu aprendizado.

5.5.1.2 Caso de uso: professor

Figura 41 – Casos de uso do serviço - Professor

Fonte: Autora

O segundo caso de uso é o caso em que o ator é o professor, Figura 41. Este caso de uso está composto por tarefas que o professor modifica para os estudantes, dependendo dos temas que são cobertos no currículo de cada nível de estudo, avaliação das tarefas e atividades realizadas e concluídas com sucesso pelos estudantes usuários do sistema.

- Disponibilizar informações de estudos das aulas: oferece as informações de cada aula ao estudante que viabilizará realizar as atividades e tarefas, e adquirir os primeiros conhecimentos dos temas.
- Adicionar novas tarefas: permite adição de tarefas a cada estudante. As novas tarefas podem ter o propósito de complementar a aprendizagem ou reforçar conhecimentos. Cada uma das tarefas ou atividades tem uma localização a qual também pode mudar entre os espaços oferecidos pela cidade.

- Remover tarefa: é a ação com que o professor pode remover uma tarefa de um estudante quando ele achar necessário. Isso pode ser por causa de uma repetição de tarefa ou por mudanças nos temas a serem avaliados nos currículos propostos.
- Lista de estudantes: consiste em obter a lista dos estudantes que fazem uso do sistema e suas informações sobre o nível de estudo em que ele se encontra. Essas informações são necessárias para o planejamento, adição ou eliminação de novas tarefas.
- Lista de níveis de estudo: é uma tarefa na qual o professor consegue obter uma visão dos níveis de estudo aos que oferece suas atividades, informações das aulas e sobre os que avaliará a aquisição de conhecimentos.
- Avaliação de objetivos: é onde o professor emitirá sua percepção das tarefas concluídas e os conhecimentos adquiridos pelo estudante para logo o usuário ser certificado e continuar o avançar na sua linha de estudos.
- Recuperação de dados: é onde o professor consegue recuperar informações de avaliações de objetivos realizadas, mudanças de localização de tarefas ou eliminação de tarefas e informações dos estudantes que ele acompanha no caminho de aprendizagem.

5.5.1.3 Caso de uso: administrador

Figura 42 – Casos de uso do Serviço - Administrador

Fonte: Autora

O terceiro caso de uso é o caso em que o ator é o administrador do sistema, Figura 42. Este caso de uso está composto por tarefas de modificação de currículos, certificação de níveis de estudo, adição de entidades ou mudanças de localização, e recompensas que um estudante obtém ao alcançar objetivos do curso.

- Modificar currículo: isso permite a troca de aulas em cada nível da região.
- Cadastro de estudantes: permite a adição de novos estudantes e suas informações ao sistema.
- Certificação de nível de estudo: é a ação onde a administração das entidades educativas concede o certificado de aquisição de conhecimentos de cada nível de estudo, com base em uma primeira avaliação dos objetivos alcançados avaliados pelo professor.
- Adição de uma mudança de localização de entidade ou uma nova entidade ou espaço criado na cidade com serviço no contexto educativo.
- Mudança de localização de tarefas é uma tarefa na qual o administrador, com o conhecimento das entidades ativas, muda a localização para o acesso e a disponibilidade de cada espaço.
- Recuperação de dados é onde o administrador do sistema consegue recupera informações dos estudantes, entidades, certificações e recompensas do sistema.

5.5.2 Mapeamento da solução na arquitetura IoT-A

Nesta seção será apresentado o mapeamento da aplicação na arquitetura IoT-A.

5.5.2.1 Modelo de domínio

Na Figura 43 se encontra o primeiro modelo do IoT-A, modelo de domínio. Ele descreve as entidades físicas, seres vivos e serviços de IoT que pertencem ao sistema e suas relações.

As entidades físicas representam dispositivos ou objetos que possuem suas representações virtuais no sistema descrito. As entidades físicas presentes no sistema Aula Móvel são entidade educativa e espaço interativo.

As entidades animadas neste caso representam os usuários, que se dividem por estudantes dos diferentes níveis educacionais, professores e pessoal administrativo. Os serviços de IoT são: associar o estudante de um nível uma tarefa ou atividade, manter a lista de objetivos que o estudante deve alcançar, acompanhamento seguimento de currículo, cadastro do aluno e localização, recompensas e histórico de atividades.

Figura 43 – Modelo de domínio

Fonte: Autora

5.5.2.2 Modelo de informação

As entidades físicas podem gerar ou receber informações relevantes para o sistema, informações que podem gerar ações ou ser armazenadas na base de dados.

A Figura 44 representa o modelo de informação. Nela se identificam as mensagens e os blocos gerais que as processam e as possíveis respostas para o desenvolvimento do serviço.

O modelo descreve os componentes que fazem a manipulação da informação no sistema e o fluxo na troca das mensagens. Mensagens são trocadas com o usuário para a entrega efetiva das informações para cada usuário, se faz uma validação de identidade e de cadastro no sistema e se a validação é correta logo se retornam as consultas pedidas.

Cada módulo do sistema envolve o conhecimento das informações de cada entidade, dos usuários que acessam o serviço e das informações que o usuário deve entregar e receber do serviço.

5.5.2.3 Modelo funcional

A infraestrutura de um sistema de IoT precisa de uma descrição, realizada pelo modelo funcional, capaz de combinar a descrição dos módulos de software com as tecnologias utilizadas seguindo uma organização por camadas, desde a interface do usuário até os componentes físicos.

O modelo funcional se encontra na Figura 45. Um componente funcional é um conjunto de conceitos semelhantes, representado no diagrama pelos itens em branco.

Figura 44 – Modelo de Informação

Fonte: Autora

- Aplicação: representa a interface com o usuário de cada módulo. Essa aplicação pode ser instalada em uma plataforma que inclua todas as funcionalidades necessárias para o desenvolvimento e execução de aplicações para dispositivos móveis e embarcados, como Java ME.
- Organização dos serviços IoT: são funcionalidades que permitem conexão com os serviços de IoT, convertendo-se no centro de troca de informações de um sistema. Essas são funcionalidades diretas de plataformas abertas que permitem conexão com os serviços de IoT. Em Linksmart e Butler o NetworkManager, e em Ubidots o *Widget*, são os módulos responsáveis por essas funções.
- Entidades virtuais: são funções que tornam possível a transmissão de dados dentro do sistema Aula Móvel. Essas funções são básicas de EventManager em LinkSmart e Butler, e em Ubidots é o Event.
- Serviços de IoT: esse grupo funcional representa os serviços de IoT introduzidos na seção do modelo de domínio. São serviços capazes de associar, comprovar e modificar os atributos das entidades físicas. Em LinkSmart e Butler são as funções básicas e em Ubidots é a API.

Figura 45 – Modelo funcional

Fonte: Adaptada de (BASSI et al., 2013)

- Governança: funcionalidades que podem ser adicionadas, como o reconhecimento e gerenciamento de contexto e dispositivos.
- Segurança: são as funcionalidades que permitem adicionar um serviço de segurança para as entidades do sistema. LinkSmart conta com Hydra IDentifier (HID), um identificador único para cada entidade, em Butler é EntityID, as entidades de contexto se identificam mediante um identificador de entidade (EntityId). O tipo de entidade é definido como um URI, e portanto pode ser, um localizador de recurso uniforme (URL) ou um nome de recurso uniforme (URN). Ubidots API entende os requisitos de segurança como uma autenticação baseada em *tokens* de tráfego de informações criptografadas através de protocolo de transferência de hipertexto seguro (HTTPS).
- Comunicação: as interfaces das entidades físicas do serviço devem usar um protocolo de comunicação que dependerá dos dispositivos usados. Para a extração de dados de identificação de cada usuário é necessária uma interface de algum tipo de leitor, serial ou fixa, dependendo do dispositivo usado. LinkSmart e Butler permitem desenvolver os serviços em Java podendo utilizar as bibliotecas de leitura de comunicação serial para a leitura das informações dos estudantes. Em Ubidots a plataforma lê diretamente as informações do dispositivo *Data Source*.

- Dispositivos: os dispositivos utilizados no sistema se encontram no grupo funcional. Para a aplicação proposta se consegue trabalhar com leitor RFID, QR, NFC e dispositivos móveis (*tablets*, *smartphones* e *laptops*).

5.5.2.4 Modelo de comunicação

O modelo de comunicação mostra os meios de comunicação entre os agentes de um sistema, divide os meios de comunicação em redes com restrição de recursos (*constrained networks*) como redes de sensores sem fio e redes com fio (*unconstrained networks*) com diferentes tipos de nós de rede, com maior capacidade de processamento e disponibilidade de energia.

Figura 46 – Modelo de comunicação - Associar tarefa a estudante

Fonte: Autora

Na Figura 46 se encontra o modelo do módulo Associar Tarefa ao Estudante. Cada estudante deve ter uma identificação para reconhecimento no sistema e armazenamento de suas informações, com um leitor ou identificador fazer o reconhecimento de usuário, dar acesso ao sistema, fazer a busca no nível de estudo, obter as tarefas atribuídas, consultar objetivos alcançados, recompensas, cadastro e localização. Esse leitor de informações deverá se comunicar com o sistema estudante, o qual pode ser desenvolvido sobre uma plataforma aberta, tais como as que foram descritas na Seção 5.4. Depois de obter a identificação no sistema e na plataforma, são fornecidas as informações de senha e identificação para começar a comunicação com o serviço por IP. O serviço se comunica com a aplicação e ela com o *gateway* IoT. Depois disso a informação passa por outro modem que tem a função de *gateway* do servidor, ele se comunica com a plataforma aberta do servidor, com uma interface de comunicação e com a base de dados das informações das entidades e contextos.

Os módulos do sistema Aula Móvel têm uma arquitetura de comunicação muito semelhante, por isso os modelos comunicacionais dos módulos seguintes somente descrevem os itens não repetidos do sistema, módulos com borda de cor vermelho são módulos que mudam, porque são os módulos específicos de cada serviço que a aplicação provê.

O módulo acompanhamento de currículo, Figura 47, utiliza informações de leitor ou identificador que se comunica com a plataforma e com o serviço de validação de tarefas do currículo. A seguir, ocorre a comunicação com a aplicação e dela com os *gateways*

mencionados para chegar ao servidor. Ele se comunica com a plataforma e a interface de comunicação com a base de dados

Figura 47 – Modelo de comunicação - Seguimento de currículo

Fonte: Autora

O módulo lista de usuários, Figura 48, utiliza informações do leitor/comunicador que se comunica com a plataforma e com o serviço de usuários cadastrados no sistema para encontrar as informações de cada usuário e fazer um novo cadastro no sistema se o usuário não se encontra cadastrado. A seguir, ocorre a comunicação com a aplicação e dela com os *gateways* mencionados para chegar ao servidor. Ele se comunica com a plataforma e a interface de comunicação com a base de dados

Figura 48 – Modelo de comunicação - Lista de usuários

Fonte: Autora

O módulo de conhecimentos adquiridos, Figura 49, utiliza as informações do leitor/identificador que se comunica com a plataforma e com o serviço de conhecimentos adquiridos que realiza a comprovação dos objetivos adquiridos pelos estudantes, de acordo com as tarefas e atividades realizadas, e com avaliação satisfatória e recompensas dadas. A seguir, ocorre a comunicação com a aplicação e dela com os *gateways* mencionados para chegar ao servidor. Ele se comunica com a plataforma e a interface de comunicação com a base de dados

Figura 49 – Modelo de comunicação - Conhecimentos adquiridos

Fonte: Autora

5.5.3 Diagramas UML da aplicação Aula Móvel

Esta seção descreve os diagramas UML desenvolvidos para possível implantação da aplicação no ambiente real.

5.5.3.1 Diagrama de classes

Para a análise dos sistemas com os diagramas de caso de uso, se pode definir os diagramas de classe do sistema. Isso inclui métodos e atributos de acesso ao conjunto de dados e estrutura de mensagens entre objetos.

A Figura 50 mostra o diagrama de classes para implementação da aplicação Aula Móvel.

- **Estudante:** essa classe define os atributos de um estudante para aceder ao sistema pela validação do nome de estudante na classe de usuário. Os serviços e métodos implementados em Estudante são obter informação da aula, obter a tarefa para o atendimento do objetivo, obter recompensa por objetivo alcançado e adicionar informação de tarefa realizada para consecução de objetivos da aula específica.
- **Professor:** essa classe define os atributos de um professor para o acesso ao sistema pela validação do nome do professor na classe de usuário. Os serviços e métodos que um professor pode implementar são obter a lista de alunos de aula e nível, avaliação de objetivos de estudante, definição de entidade e localização de tarefas para a consecução dos objetivos pelos estudantes, definição de informação de aulas por nível e definição dos objetivos de cada aula.
- **Administrador:** essa classe define os atributos de administrador para acessar o sistema pela validação do nome na classe de usuário. Os serviços e métodos que um administrador consegue implementar são obter a lista de alunos do sistema, obter informações de objetivos realizados pelos estudantes e avaliações feitas pelos professores, definição de recompensas por consecução de objetivos, adição de alunos

no sistema, definição de currículo de cada nível de estudo e adição de novas entidades e sua localização.

- **Usuário:** essa classe define os atributos de um usuário para aceder ao sistema pela validação do nome de usuário na classe de usuário. Os serviços e métodos implementados em Usuário depende de se o usuário é estudante, professor ou administrador.
- **Sistema de cadastro de Aula Móvel:** a interface define a estrutura para que uma classe Usuário consiga implementar os métodos necessários, ser um objeto e interatuar com a aplicação Aula Móvel.
- **Aula:** é uma classe importante em Aula Móvel. Essa classe é a implementação da interface de cadastro de sistema e dos métodos de adição de objetivos e revisão de atendimento de aulas pelos estudantes, em que cada avaliação de cadastro de usuário passa pela classe Aula onde, dependendo do método e do usuário, se adiciona ou se pede informação, a qual expõe informações de aula para estudante ou envia a sequência das aulas acessadas pelos estudantes para o professor.
- **Currículo:** essa classe contém os atributos para conhecimento de finalização de currículo, é modificável e navegável pelo usuário Administrador quem define as aulas e os níveis no sistema.
- **Nível:** essa classe implementa e define o Currículo de cada estudante. Essa classe é dependente da classe Currículo. A alteração de Currículo afeta diretamente a classe Nível.
- **Lista Aluno:** essa classe define os atributos de características de estudantes no sistema. Guarda informações dos alunos pelo nível, aulas e currículos para validar o acompanhamento e manter o cadastro de alunos que fazem interação com o sistema.
- **Objetivo:** é uma classe que implementa os métodos de adição e recompensa quando um objetivo é alcançado satisfatoriamente por Estudante e define a localização da tarefa para alcançar o objetivo. Essa classe tem navegabilidade por Professor e por Administrador, e também faz parte da classe Espaço Lúdico.
- **Entidade:** essa classe contém os atributos sobre as entidades e espaços lúdicos que fazem parte da aplicação. Essa classe gerencia a localização que é associada a cada objetivo e tarefa proposta.
- **Localização:** essa classe é desenvolvida na classe Espaço Lúdico. Ela implementa a adição e eliminação de entidades e informação da localização de objetivos/tarefas a entidades e espaços.
- **Recompensa:** essa classe implementa a integração de recompensas aos objetivos que devem ser alcançados pelo estudante em cada aula.

Figura 51 – Diagrama de sequência UML - Estudante Aula Móvel

Fonte: Autora

Figura 52 – Diagrama de sequência UML - Professor Aula Móvel

Fonte: Autora

Para a implementação da comunicação no sistema é necessário conhecer as parte de hardware e software para a definição de protocolos e troca de mensagens e para encontrar

um caminho completo e viável para a comunicação no sistema. Constatase, portanto, que o modelo comunicacional e os diagramas de sequência são complementares.

Figura 53 – Diagrama de sequência UML - Administrador Aula Móvel

Fonte: Autora

Tabela 11 – Relação entre o modelo arquitetural IoT-A e os diagramas UML - desenvolvimento da aplicação Aula Móvel

Modelos IoT-A	Diagramas UML
Casos de uso são a base para a elaboração de modelos do sistema e seu funcionamento.	Os diagramas UML incluem os diagramas de casos de uso, os quais são elaborados para o conhecimento do funcionamento geral do sistema e suas funções.
Modelo de domínio descreve as entidades físicas que possuem representações virtuais no sistema, entidades animadas são as entidades que irão interatuar com a aplicação, e os serviços que podem ter acesso a cada entidade animada.	Com a definição a partir do modelo de domínio dos atores de cada caso de uso, os serviços que oferecidos pela aplicação e as entidades físicas que serão representadas virtualmente, se chega aos diagramas de casos do uso UML
Modelo de informação descreve as informações que geram as ações no sistema. O modelo representa em blocos toda a troca de informações entre a parte de hardware e as tarefas de software da aplicação, e as interações das entidades físicas sobre essas tarefas.	A partir dos diagramas de casos de uso e de classe se obtém a troca das informações entre as classes que pertencem ao sistema. O que no modelo funcional são interações, nos diagramas são relacionamentos ou métodos que uma classe tem para o acessar as informações.
Modelo funcional descreve os módulos de software e os associa às tecnologias a serem utilizadas, seguindo uma organização por camadas. No modelo é definida a tecnologia e como é possível implementar os serviços.	Nos diagramas UML não se tem uma descrição e definição das tecnologias usadas para implementação do sistema
Modelo de comunicação mostra os meios de comunicação entre os agentes de um sistema, descreve a parte física e os tipos de redes a serem usadas para uma efetiva comunicação do sistema e se considera os tipos de nós, sua capacidade de processamento e disponibilidade de energia.	Nos diagramas de sequência são definidas as mensagens necessárias para a comunicação entre as entidades da aplicação.

Fonte: Autora

5.6 Implementação, uso e avaliação da aplicação Aula Móvel

As mudanças e melhorias no serviço de educação, implicam resultados a curto, médio e longo prazo nas atividades dos estudantes nas entidades, e em níveis sociais de conhecimento, geração e busca de trabalho.

A aplicação Aula Móvel tem como objetivo alcançar mais as pessoas em idade escolar, e assim baixar níveis de analfabetismo e facilitar o acesso aos serviços para os moradores da cidade. Ao incluir mobilidade nos serviços de educação se consegue diminuir os grandes deslocamentos e oferecer o serviço sem depender dos recursos físicos da entidade mesmo quando ocorre algum problema, como inundações, fenômenos da natureza ou

problemas nos caminhos de acesso, sobre os quais não se consegue ter um controle de quando vão acontecer ou evitá-los

É importante levar em conta que cada ator que acessa o sistema terá diferente nível de acesso às informações, para segurança e observância da privacidade dos dados dos usuários.

Os dados coletados por cada sistema devem passar por uma análise estatística antes de serem colocados à disposição de toda a população, para o estudo e avaliação da aplicação. Em curto prazo espera-se um aumento de usuários em idade escolar no serviço de educação, a médio prazo deve-se alcançar um maior nível de capacitação e qualificação dos moradores da cidade e em longo prazo deverá ser possível observar mudanças nos trabalhos oferecidos na cidade pois o nível de capacitação de cada pessoa que teve um acesso ao serviço exigirá a criação de empregos qualificados para a manutenção e geração de uma nova economia que seja capaz de mudar a sociedade.

Para a implementação da aplicação sob o conceito de IoT, se consegue encontrar um caminho viável no qual os modelos que são propostos na arquitetura IoT-A e os diagramas UMLs se complementam e facilitam o desenvolvimento de passos que devem ser seguidos para a implementação da aplicação.

A informação da Tabela 11 mostra as diferenças e semelhanças entre as informações utilizadas para o desenvolvimento de modelos e diagramas. Se verifica que a descrição dos modelos da arquitetura IoT-A facilita o desenvolvimento dos diagramas UML, pois já se tem uma visão em uma escala maior de cada funcionalidade e a definição de entidades que são necessárias para implementar o sistema. Também se pode ver um complemento de informações entre as duas colunas, ambas necessárias para a descrição completa da solução. Em particular, no caso do modelo funcional, ele já define com quais tecnologias trabalhar, como um usuário deve receber a informação dos serviços, que partes devem ser transparentes na troca de informações entre usuário e aplicação e oferece segurança sobre as informações que são usadas.

O mapa conceitual da Figura 54 mostra as conexões e as informações necessárias para a implementação completa da aplicação. Tais informações são baseadas nos modelos de arquitetura IoT-A e nos diagramas UML, mas se percebe que a partir dos modelos de arquitetura se consegue uma visão geral para chegar a uma possível solução, e os diagramas UML detalham parte dessa solução pois são necessários para o desenvolvimento do software que atenda os requisitos da tecnologia escolhida e os relacionamentos entre as funções e entidades virtuais da solução.

Através do mapa, Figura 54, pode-se ver uma conexão das partes desenvolvidas e descritas durante o texto, desde o planejamento de um caminho para o uso do conceito IoT até as mudanças que isso leva aos usuários e seu ambiente.

Figura 54 – Mapa Conceitual Ligação Modelos Arquitetura IoT e Diagramas UML - Aula Móvel

Fonte: Autora

No Capítulo 1, foi proposto o mapa conceitual e reproduzido na Figura 55, a partir do qual foi realizado o estudo. Comparado com a Figura 54, se abrange os conceitos descritos para a implementação de um serviço em uma cidade. A tecnologia escolhida, os conceitos matemáticos e os diagramas descritos permitem conhecer, produzir informações e resultados para conexão, avaliação e comparação com os objetos descritos e objetivos propostos. Com a definição, descrição, detalhamento da arquitetura e desenvolvimento de diagramas para a realização de hardware e software respetivamente, se obtém um âmbito tecnológico voltado à satisfação das necessidades sociais. No último bloco se desenvolve a avaliação e percepção do usuário através de informações de acesso, uso e mudanças sociais na educação, contexto específico do trabalho. Depois da implantação do serviço são esperadas diversas mudanças nas pessoas e na comunidade que têm acesso a aplicação, por exemplo, se espera que o nível de estudos de um grupo de pessoas vai ser maior, sua qualificação vai levar a mudanças nos focos de busca de empregos, vão incentivar seus familiares e pessoas próximas para o aprendizado e aquisição de novos conhecimentos oferecidos pela cidade, gerando uma distribuição provocando um interesse

Figura 55 – Mapa conceitual dos conceitos pertinentes à pesquisa do trabalho de mestrado, destacando os temas a serem analisados e as correlações entre eles.

Fonte: Autora

social com benefício para os mesmos cidadãos e fazendo emergir novas necessidades a serem identificadas e a satisfeitas.

No desenvolvimento do trabalho foi proposta uma possível solução, que não é final, mas é baseada na integração da arquitetura IoT-A e diagramas UML. Com a ideia de possibilitar o desenvolvimento de outras aplicações em outros contextos, com maiores usos de recursos, métodos e troca de dados. Para a Aula Móvel se pode pensar em chegar a uma solução similar somente com as informações de diagramas UML, mas se um programador quiser implementar essa solução, fica por fazer a tarefa de seleção de tecnologias, protocolos e características a serem usados. A ideia é facilitar e expor uma solução completa para uma implementação não somente de software, mas que chegue à interação real com o usuário, quando as informações de arquitetura são importantes e relevantes para a satisfação dos objetivos da solução.

Em resumo, durante o desenvolvimento foi realizada a identificação de um contexto para descobrimento de necessidades e dos recursos acessíveis aos usuários. Depois foi realizada uma descrição de arquitetura para IoT e como ela pode chegar a ser base para uma aplicação no contexto de educação e finalmente foi feito um desenvolvimento de diagramas de UML, que mostram e descrevem especificamente a parte de software da solução.

6 Considerações Finais e Trabalhos Futuros

Nesta seção são apresentadas as conclusões da pesquisa, verificação de se os objetivos gerais e alguns trabalhos futuros que podem aumentar o alcance desta.

6.1 Considerações Finais

No início desta dissertação, se definiram objetivos gerais e alcances para esta pesquisa, Seção 1.3.2, tais objetivos foram e escritos em forma de perguntas.

OG1. Como modificar a arquitetura de referência IoT para identificar e priorizar as necessidades dos usuários em um determinado contexto?

Nos Capítulos 3 e 4, mediante o estudo de conceitos matemáticos e da arquitetura IoT, se percebe uma possível modificação na parte de conhecimento e percepção do contexto desde o usuário. Se necessita obter consciência dos recursos do contexto e se esses recursos são úteis e suficientes para satisfazer as necessidades. Para se atingir esse objetivo, se propõe trabalhar com dados recolhidos por pesquisas sociais e desenvolver um modelo de grafo com o fim de trabalhar conceitos matemáticos de redes complexas para obtenção de dados objetivos. Nesse caminho o estudo enfatiza a escolha de métricas que permitam identificar as características ajudem ao conhecimento e relacionamento entre os nós. Por meio das métricas, é possível se construir um modelo matemático para se priorizar variáveis representativas de atendimento de um serviço e identificar carências e necessidades. Esse modelo permite fazer um estudo de sensibilidade de impacto positivo ou negativo em função das relações existentes entre os nós do grafo.

Se escolheram as métricas de centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e *Resistance Distance*, pelo fato de que ao avaliá-las no grafo se obtém conhecimento físico da localização das entidades, constata-se a importância de cada uma das entidades na comunicação de toda a rede e verifica-se a acessibilidade de cada vértice para os usuários.

Além da escolha de métricas de grafos se trabalha com o método de *clustering*, isso para focar na importância das relações entre as entidades, pois essas relações levam a um desenvolvimento de habilidades para os usuários do serviço sem importar a entidade a qual eles tem aceso. Ao existir o compartilhamento e trabalho conjunto as informações não ficam perdidas e as habilidades desenvolvidas se fortalecem continuamente sem nenhuma interrupção ou prejuízo para o usuário.

OG2. Como transformar dados sociais subjetivos em uma medida objetiva de impacto social?

No Capítulo 3, se definiram conexões possíveis e contextos para conhecimento da

importância e dependência dos recursos e necessidades. Se acha um caminho para conexão dos recursos conhecidos pelos usuários os quais são base para o modelagem matemática proposta. Medidas obtidas pelas métricas e funções de custo são os dados que levam à definição dos serviços e aplicações necessárias no contexto. No estudo esses dados foram obtidos no Capítulo 4. No Capítulo 5, se identificam possíveis mudanças em curto, medio e longo prazo, com impacto social direto pois as necessidades mudam e fazem com que o usuário precise de outros serviços para seu crescimento e desenvolvimento do contexto.

OG3. Como correlacionar dados sociais e dados digitais de forma a medir a satisfação dos usuários com os serviços de IoT desenvolvidos?

No desenvolvimento da pesquisa a resposta foi dada no Capítulo 5, em que se expõe o mapa conceitual base para o estudo, Figura 1. O mapa mostra um sistema em ciclo fechado. O sistema começa e termina no usuário, onde a satisfação de usuário se relaciona com mudanças de necessidades que surgem depois de uma implantação em um contexto. Essas necessidades foram criadas pela implantação de serviços com o qual se consegue avaliar a satisfação das necessidades previamente identificadas. Ao ter um sistema cíclico, a percepção de satisfação realimenta o sistema e leva a uma mudança, permitindo enxergar facilmente os impactos que essas opiniões têm sobre as implantações e serviços oferecidos.

OG4. Como validar o sistema total?

A avaliação do sistema se encontra descrita nos Capítulos 1 e 5. Tal avaliação é feita pela identificação e mudanças das necessidades em um contexto específico. Pela aplicação proposta se consegue identificar impactos a curto, médio e longo prazo. A validação do sistema se encontra implícita em como o usuário percebe. A validação do sistema é contínua uma vez que o próprio usuário muda continuamente pelas informações que chegam até ele e, com isso, sua satisfação e percepção de necessidades.

OG5. Essa arquitetura é reconfigurável? Pode ser adotada e validada em diferentes casos de uso?

As respostas a essa pergunta se encontram no mapa conceitual desenvolvido no Capítulo 1 e na proposta apresentada no Capítulo 3. Esse mapa não é específico para um só contexto, ele é reconfigurável e multifuncional, com o qual não é útil apenas para desenvolvimento de aplicações em cidades. Nesta dissertação o enfoque foi dado a um contexto de cidades inteligentes e desenvolvido completamente um estudo de caso. No entanto, ao longo da pesquisa outros contextos foram analisados para avaliar a abrangência da proposta. Uma breve descrição de aplicações no contexto de saúde e de saúde no contexto escolar são descritos no Anexo D. Nessas aplicações se descreve uma aplicação proposta, a interação com o serviço e caso de uso para cada ator. O estudo de caso desenvolvido associado às análises adicionais permite afirmar que arquitetura desenvolvida e proposta na Figura 54 é reconfigurável e abrange os conceitos descritos para implantação de um serviço em qualquer contexto. O método desenvolvido é suficientemente geral para ser usado, com

ou sem adaptações, nos mais variados contextos e se verifica que com a descrição dos modelos arquiteturais e diagramas UML, Tabela 11, se consegue uma visão maior das funcionalidades e entidades necessárias para a implantação.

6.2 Trabalhos Futuros

Como trabalhos futuros se propõe um conjunto de temas de pesquisa não abordados neste trabalho mas que surgiram ao longo do desenvolvimento da dissertação.

- Pesquisa de um *framework* de segurança: o estudo contempla a parte de segurança mas não se fez um aprofundamento em tal questão. Deve-se fornecer uma segurança aos dados pessoais, das empresas e do governo para aceitação e uso dos serviços em cada contexto, pelo uso de várias fontes de informação deve-se sempre ter controle e conhecimento de que dados o usuário quer compartilhar e quais não, tem que se respeitar os direitos de propriedade de informações pessoais e digitais.
- Aprofundamento do estudo das métricas de redes complexas: as métricas usadas nesta dissertação foram centralidade de proximidade, centralidade de intermediação e *Resistance Distance*. Elas não são únicas para o estudo de relacionamentos em grafos, por isso uma pesquisa nessa área pode permitir identificar outras métricas. Por exemplo, métricas que trabalhem com as matrizes Laplaciana e Laplaciana normalizada de um grafo, com a distribuição de autovalores, a energia da Laplaciana normalizada fornecem informações de conectividade, de criticalidade e de convergência de passeios aleatórios que podem ser extremamente úteis na caracterização da estrutura topológica e na distribuição dos recursos disponíveis (CAVERS, 2010) (FAY et al., 2010).
- Neste trabalho foi introduzida a função de *fitness* como uma maneira de avaliar quantitativamente a satisfação das necessidades de usuários pelos recursos oferecidos em um dado contexto. Essa função permite verificar o impacto sobre o atendimento de necessidades como decorrência de uma mudança de prioridades das variáveis que compõem o problema. Como complemento a esse estudo pode-se desenvolver uma pesquisa baseada na função de utilidade (ZHENG et al., 2014). Uma função de utilidade permite quantificar o conflito que existe entre os requisitos para satisfazer as necessidades de um usuário e os objetivos econômicos de um prestador de serviços. Dessa forma, diferentes estratégias automáticas de negociação podem ser desenvolvidos que permitem estabelecer contratos de nível serviço (*Service Level Agreements*). A introdução de funções de utilidade seria um complemento interessante ao trabalho desenvolvido e compatível com método de especificação, desenvolvimento e validação aqui proposto.

- Em termos de aplicações para outros contextos, fornecimento de serviços sobre *wearables* ou espaços de lazer com fim de mudanças no *stress* em um ambiente, podem ser alguns desses. Para este estudo o foco foi o contexto de cidade mas o desenvolvimento da proposta foi pensado para abrangência de diversos contextos. Além disso, a solução pode ser mapeada sobre outras arquiteturas, como por exemplo, ITU-T, M2M, Industry 4.0, para validar a abrangência do método a outros domínios de atividade.

Referências

- 1248 Ltd. *HyperCat: A case study*. 2014. Disponível em: <<http://1248.io/casestudies/hypercat.pdf>>.
- ACCENTURE; CISCO. *Smart Mobile Cities: Opportunities for Mobile Operators to Deliver Intelligent Cities*. 2011.
- AGGARWAL, C.; SHETH, A.; ASHISH, N. The Internet of Things: A survey from the data-centric perspective. In C. C. Aggarwal, editor, *Managing and Mining Sensor Data*, p. pages 383–428, 2013.
- ASPIRE. *Advanced Sensors and lightweight Programmable middleware for Innovative Rfid Enterprise applications*. 2009. Disponível em: <<http://www.fp7-aspire.eu/>>.
- ATZORI, L.; LERA, A.; MORABITO. The Internet of Things: A survey. *Computer Networks*, 2010.
- BASSI, A.; BAUER, M.; FIEDLER, M.; KRAMP, T.; KRANENBURG, R. van; LANGE, S.; MEISSNER, S. Enabling things to talk: Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model. In: _____. Springer berlin heidelberg. [S.l.: s.n.], 2013.
- BETAAS. *BETaaS*. <http://www.betaas.eu/>: [s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.betaas.eu/>>.
- BETAAS. *BETaaS: D3.1.2 - BETaaS Architecture*. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://www.betaas.eu/docs/deliverables/BETaaS%20-%20D3.1.2%20BETaaS%20Architecture%20v1.0.pdf>>.
- BORDA, E. M. *Medidas de centralidade em Grafos e Aplicações em redes de dados*. Dissertação (Mestrado), outubro 2013.
- BOSCH, S. V. den; TAANMAN., M. How Innovation Impacts Society. Patterns and mechanisms through which innovation projects contribute to transitions. *Innovation pressure conference*, 2006.
- BRASIL, I. *Instituto de Tecnologia Social*. 2014. Disponível em: <<http://itsbrasil.org.br/conheca-o-its-brasil/conheca-o-its-brasil>>.
- BUTLER. D3.1 Architectures of BUTLER Platforms and Initial Proofs of Concept. out. 2011. Disponível em: <http://www.iot-butler.eu/wp-content/uploads/downloads/2012/11/D3_1-Architectures_of_BUTLER_Platforms_and_Initial_Proofs_of_Concept-finalVersion.pdf>.
- CASAGRAS., E. F. P. Casagras final report: RFID and the inclusive model for the internet of things. 2009.
- CAVERS, M. S. *The Normalized Laplacian matrix and General Randic index of graphs*. Tese (Doutorado) — University of Regina, Regina, Canada, 2010.
- COHEN, B. The 8 Smartest Cities In Latin America. dez. 2013.

- COLECCHIA, A.; SCHREYER, P. ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OECD Countries. *Review of Economic Dynamics*, v. 5, p. 408–442, 2002.
- COMPOSE. *Collaborative Open Market to Place Objects at your Service*. <http://www.compose-project.eu/>: [s.n.], 2014. Disponível em: <<http://www.compose-project.eu>>.
- EISENHAUER, D. M. *Hydra Project*. 2014. Disponível em: <http://www.hydramiddleware.eu/articles.php?cat_id=9>.
- ESTRADA, E. *The Structure of Complex Networks: Theory and Applications*. 1. ed. [S.l.], 2011. 480 p. ISBN 978-0199591756.
- EVERINGHAM, M.; MULLER, H.; THOMAS, B. Algorithm Evaluation by Probabilistic Fitness/Cost Analysis, and Application to Image Segmentation. *The 5th Asian Conference on Computer Vision*, January 2002.
- FAY, D.; HADDADI, H.; THOMASON, A.; MOORE, A. W.; MORTIER, R.; JAMAKOVIC, A.; UHLIG, S.; RIO, M. Weighted Spectral Distribution for Internet Topology Analysis: Theory and Applications. *IEEE/ACM TRANSACTIONS ON NETWORKING*, p. 1436–1449, 2010.
- FERNANDES, R.; GREMAUD, A. P. Qualidade da educação: avaliação, indicadores e metas. *Educação básica no Brasil: construindo o país do futuro.*, Elsevier, p. 213–238., 2009.
- FIT. *LinkSmart 2.1 documentation*. 2016. Disponível em: <https://linksmart.eu/redmine/projects/linksmart-opensource/wiki/LinkSmart_21_Documentation>.
- FOURSQUARE. FOURSQUARE. 2014. Disponível em: <<https://pt.foursquare.com>>.
- FREEMAN, L. C. Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. In: . [S.l.: s.n.], 1978/79. v. 1, p. 215–239.
- FREEMAN, L. C.; ROEDER, D.; MULHOLLAND, R. R. Centrality in Social Networks: II. Experimental Results. In: . [S.l.: s.n.], 1979/80. v. 2, p. 119–141.
- G., Y. H.; LI. Descriptive models for Internet of Things. In: *International Conference on Intelligent Control and Information Processing*. [S.l.: s.n.], 2010.
- GIFFINGER, R. et al. *Smart cities: Ranking of European medium-sized cities*. [S.l.], 2007.
- HAUBENSAK, O. Smart Cities and Internet of Things. In: *Business Aspects of the Internet of Things*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 33–39.
- HERMAN, W. P. de. *Formulação algébrica para a modelagem de algoritmos de roteamento multi-restritivo hop-by-hop*. Tese (Doutorado), 2008.
- IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística*. 2014. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/diseminacao/eventos/missao/default.shtm>>.
- IEEE-SA. *Enabling Consumer Connectivity Through Consensus Building*. 2012. Disponível em: <<http://standardsinsight.com/ieee>>.

- INDRA. *Smart cities: Global survey on the status of Smart Cities*. <http://www.indracompany.com/DescargainformeSmartCities2014>: [s.n.], 2014.
- IOT-CASAGRAS. *Casagras 2 an EU Framework 7 Project*. 2014. Disponível em: <<http://iot-casagras.org/panel/welcome-casagras2>>.
- ITU-T. *Internet of Things Global Standards Initiative*. 2014. Disponível em: <<http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/iot/Pages/default.aspx>>.
- JAIN, A. K.; DUBES, R. C. *Algorithms for Clustering Data*. [S.l.]: Prentice-Hall, Inc., 1988.
- JOACHIM, W.; WALEWSKI, S. *Deliverable D1.4 - Converged architectural reference model for the IoT v2.0*. [S.l.], 2012.
- JOACHIM, W.; WALEWSKI, S. *Internet of Things architecture IoT-A*. [S.l.], 2012. v. 2.
- KAUFMAN, L.; ROUSSEEUW, P. J. Agglomerative Nesting (Program AGNES). In: *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*. [S.l.]: Wiley-Interscience, 2005. cap. 5. ISBN 0471735787.
- KLEIN, D.; RANDIĆ, M. Resistance distance. *Journal of Mathematical Chemistry*, Volume 12, n. Issue 1, p. 81–95, dez. 1993.
- KLEINBERG, J.; TARDOS Éva. *Algorithm Design*. [S.l.]: Addison Wesley, 2005.
- KOVÁCS, F.; LEGÁNY, C.; BABOS, A. *Cluster Validity Measurement Techniques*. 2006. Disponível em: <<http://uni-obuda.hu/conferences/mtn2005/KovacsFerenc.pdf>>.
- KOWATSCH, T.; MAASS, W.; MAYER, P. *Internet of Things Initiative*. 2010–2012. Disponível em: <http://cordis.europa.eu/project/rcn/95102_en.html>.
- KÜLZHAMMER, G. *Internet of Things Architecture*. 2014. Disponível em: <<http://www.iiot-a.eu/public>>.
- LES, P. UML: Diagrama de Classes. April 2012. Disponível em: <http://www.les.inf.puc-rio.br/wiki/images/7/7f/Aula1-diagrama_classes.pdf>.
- LITWIN, E. *Diseño e implementación de propuestas en Línea de educación a distancia*. 2016.
- MACHADO, C. J. S. As relações entre tecnologia, inovação e sociedade. *DataGramaZero - Revista de Ciência da Informação*, v. 7, n. 1, fev. 2006.
- MANDLER, B. *Collaborative Open Market to Place Objects at your Service: D1.2.1 Initial COMPOSE architecture document*. 2013. Disponível em: <<http://www.compose-project.eu/sites/default/files/publications/D1.2.1%20-%20Initial%20COMPOSE%20architecture.pdf>>.
- MANDLER, B. *COMPOSE*. [S.l.], 2013.
- MANDLER, B.; ANTONELLI, F.; KLEINFELD, R.; PEDRINACI, C.; CARRERA, D.; GUGLIOTTA, A.; SCHRECKLING, D.; CARRERAS, I.; RAGGETT, D.; POUS, M.; VILLARES, C. V.; TRIFA, V. et al. *COMPOSE: A Journey from the Internet of Things to the Internet of Services*. [S.l.], 2013.

- MAPS, G. *Maps SmartSantander*. 2014.
- MUNOZ, L. *Smart Santander Tutorial*. [S.l.], 2009.
- NEWMAN, M. E. J. *The mathematics of networks*. 2005. Disponível em: <<http://www-personal.umich.edu/~mejn/papers/palgrave.pdf>>.
- NEWMAN, M. E. J.; GIRVAN, M. Finding and evaluating community structure in networks. *PHYSICAL REVIEW E*, ago. 2003.
- PARDO, C. F. *Los cambios en los sistemas integrados de transporte masivos en las principales ciudades de America Latina*. [S.l.], 2009.
- PENROSE, R. A generalized inverse for matrices. *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, Vol. 51, n. No. 03, p. 406–413, 1955.
- PILU, M. *The list of 8 Internet of Things Clusters*. 2013. Disponível em: <<https://connect.innovateuk.org/web/internet-of-things-ecosystem-demonstrator/article-view/-/blogs/the-list-of-8-internet-of-things-clusters>>.
- RATTNER, H. Tecnologia e Sociedade. *Revista Espaço Acadêmico*, v. 48, maio 2005. ISSN 1519.6186.
- RODRÍGUEZ-PORRERO, C.; GONZÁLEZ, S. G. *Ciudades amigables con la edad, accesibles e inteligentes*. 2014. Disponível em: <http://sid.usal.es/idocs/F8/FDO26556/ceapat_ciudades_inteligentes.pdf>.
- S.A., T. *Transmilenio: Historia*. 2014.
- SCHWARTZ, G. Cidade do conhecimento e a iconomia dos jogos com moedas criativas. In: . [S.l.: s.n.], 2015. v. 12, n. 23.
- SERRA, X. H.; VEGA, J. F. B.; AMAZONAS, J. R. A novel path computing framework under QoX constraints based on N&PV functions embedding. *The 5th International Conference on Systems and Networks Communications*, p. 150–157, nov. 2015.
- SIERRA, E. J. *Sociología de la tecnología, concepto y definiciones*. <http://sociotecn7.wordpress.com/about>: [s.n.], 2011. (Estudios Ciencia Tecnología y Sociedad). Disponível em: <<http://sociotecn7.wordpress.com/about>>.
- SMARTSANTANDER. *SmartSantander*. 2014. Disponível em: <<http://www.smartsantander.eu/>>.
- SOCIAL, I. T. de. *Conhecimento: Ponte para a vida*. 2007. 6–17 p.
- SOUZA, A. M. C. da. *Uma nova arquitetura para internet das coisas com analises e reconhecimento de padrões e procesamiento com big data*. 120 p. Tese (Doutorado), 2016.
- SOUZA, A. M. C. da; AMAZONAS, J. R. A. de. A New Internet of Things Architecture with Cross-Layer Communication. *The Seventh International Conference on Emerging Networks and Systems Intelligence*, 2015.
- TAMIM, R. M.; BERNARD, R. M.; BOROKHOVSKI, E.; ABRAMI, P. C.; SCHMID, R. F. What forty years of research says about the impact of technology on learning a second-order meta-analysis and validation study. *REVIEW OF EDUCATIONAL RESEARCH*, v. 81, n. 1, p. 4–28, mar. 2011.

- TERRA, B.; BATISTA, L. A.; ALMEIDA, M. Inovação e sociedade. *Polemica*, v. 9, n. 4, p. 82–87, out. 2010.
- TOCATLIAN, J. Formación de usuarios de la información: programas, problemas y perspectivas. *Boletín de la UNESCO para las Bibliotecas*, v. 32, n. 6, p. 382, 1978.
- TWITTER. *Twitter*. 2014. Disponível em: <<https://twitter.com>>.
- UBIDOTS. INTERNET OF THINGS EXPERTISE AT YOUR SERVICE. 2016. Disponível em: <<https://ubidots.com/about.html>>.
- URBANA, M. A. *Parque Temático*. 2014. Disponível em: <<http://www.lamujergigante.com/index.php/la-mujer-gigante/centros-educativos>>.
- VELEZ, C. S. Programa de educación de usuarios del Centro de Documentación de la Facultad de Psicología de la UNAM. *Programa de educación de usuarios del Centro de Documentación de la Facultad de Psicología de la UNAM* en: *Memorias. Encuentro de Bibliotecarios de la UNAM*, v. 2, 1983.
- VERMESAM, O.; FRIESS, P. *The internet of things 2012: New Horizons*. Third. Halifax, UK: Platinum, 2012. ISBN 978-0-9553707-9-3.
- VERMESAM, O. et al. Europe's IoT strategic research agenda 2012. In: _____. [S.l.]: Platinum, 2012. cap. 2, p. 22–117.
- VERMESAM, O. et al. Internet of Things Strategic Research and Innovation Agenda. River Publishers, p. 7–112, 2014.
- VERMESAN, O.; FRIESS, P. et al. *Internet of Things: Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. [S.l.]: River Publishers, 2013. ISBN 978-87-92982-96-4.
- WEISER., M. The computer for the 21st century. *Scientific American*, v. 265, p. 94–104, 1991.
- XIANG, C.; LI, X. General analysis on architecture and key technologies about Internet of Things. *3rd International Conference on In Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, p. 325–328., 2012.
- ZHENG, X.; MARTIN, P.; BROHMAN, K.; XU, L. D. Cloud Service Negotiation in Internet of Things Environment: A Mixed Approach. *IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRIAL INFORMATICS*, v. 10, n. 2, MAY 2014.
- ZHOUA, X.; WANGB, X.; DOUGHERTYA, E. R. Construction of genomic networks using mutual-information clustering and reversible-jump Markov-chain-Monte-Carlo predictor design. *Signal Processing*, Volume 83, n. Issue 4, p. 745–761, abr. 2002.
- ZÜRICH., F. Ubiquitous computing: Scenarios for an informatized world, communication and the media economy of the future. *Springer-Verlag*, p. pp. 145–163, 2005.

Anexos

ANEXO A – Indicadores de Rudolf Giffinger

Figura 56 – Lista de Indicadores de Rudolf Giffinger.

	factor	indicator	year	level
Smart Economy	Innovative spirit	R&D expenditure in % of GDP	2003	regional
		Employment rate in knowledge-intensive sectors	2004	regional
		Patent applications per inhabitant	2003	regional
	Entrepreneurship	Self-employment rate	2001	local
		New businesses registered	2001	local
		Importance as decision-making centre (HQ etc.)	2007	regional
	Productivity	GDP per employed person	2001	local
	Flexibility of labour market	Unemployment rate	2005	regional
		Proportion in part-time employment	2001	local
	International embeddedness	Companies with HQ in the city quoted on national stock market	2001	local
Smart People	Level of qualification	Air transport of passengers	2003	regional
		Air transport of freight	2003	regional
		Importance as knowledge centre (top research centres, top universities etc.)	2007	regional
	Affinity to life long learning	Population qualified at levels 5-6 ISCED	2001	local
		Foreign language skills	2005	national
		Book loans per resident	2001	local
		Participation in life-long-learning in %	2005	regional
		Participation in language courses	2005	national
	Social and ethnic plurality	Share of foreigners	2001	local
		Share of nationals born abroad	2001	local
	Flexibility	Perception of getting a new job	2006	national
	Creativity	Share of people working in creative industries	2002	national
	Cosmopolitanism/ Open-mindedness	Voters turnout at European elections	2001	local
		Immigration-friendly environment (attitude towards immigration)	2006	national
		Knowledge about the EU	2006	national
	Participation in public life	Voters turnout at city elections	2001	local
		Participation in voluntary work	2004	national
Smart Governance	Participation in decision-making	City representatives per resident	2001	local
		Political activity of inhabitants	2004	national
		Importance of politics for inhabitants	2006	national
		Share of female city representatives	2001	local
	Public and social services	Expenditure of the municipal per resident in PPS	2001	local
		Share of children in day care	2001	local
		Satisfaction with quality of schools	2005	national
	Transparent governance	Satisfaction with transparency of bureaucracy	2005	national
		Satisfaction with fight against corruption	2005	national

Fonte: Tomada de (GIFFINGER et al., 2007)

Figura 57 – Lista de Indicadores de Rudolf Giffinger (Continuação).

	factor	indicator	year	level
Smart Mobility	Local accessibility	Public transport network per inhabitant	2001	local
		Satisfaction with access to public transport	2004	national
		Satisfaction with quality of public transport	2004	national
	(Inter-)national accessibility	International accessibility	2001	regional
	Availability of ICT-infrastructure	Computers in households	2006	national
		Broadband internet access in households	2006	national
	Sustainable, innovative and safe transport systems	Green mobility share (non-motorized individual traffic)	2001	local
		Traffic safety	2001	local
		Use of economical cars	2006	national
Smart Environment	Attractivity of natural conditions	Sunshine hours	2001	local
		Green space share	2001	local
	Pollution	Summer smog (Ozon)	2001	local
		Particulate matter	2001	local
		Fatal chronic lower respiratory diseases per inhabitant	2004	regional
	Environmental protection	Individual efforts on protecting nature	2004	national
		Opinion on nature protection	2006	national
	Sustainable resource management	Efficient use of water (use per GDP)	2001	local
		Efficient use of electricity (use per GDP)	2001	local
Smart Living	Cultural facilities	Cinema attendance per inhabitant	2001	local
		Museums visits per inhabitant	2001	local
		Theatre attendance per inhabitant	2001	local
	Health conditions	Life expectancy	2001	local
		Hospital beds per inhabitant	2001	local
		Doctors per inhabitant	2001	local
	Individual safety	Satisfaction with quality of health system	2004	national
		Crime rate	2001	local
		Death rate by assault	2001-03	regional
		Satisfaction with personal safety	2004	national
	Housing quality	Share of housing fulfilling minimal standards	2001	local
		Average living area per inhabitant	2001	local
		Satisfaction with personal housing situation	2004	national
	Education facilities	Students per inhabitant	2001	local
		Satisfaction with access to educational system	2004	national
		Satisfaction with quality of educational system	2004	national
	Touristic attractivity	Importance as tourist location (overnights, sights)	2007	regional
		Overnights per year per resident	2001	local
	Social cohesion	Perception on personal risk of poverty	2006	national
		Poverty rate	2005	national

Fonte: Tomada de (GIFFINGER et al., 2007)

ANEXO B – Diagrama de Classe UML

-Relacionamento entre classes

A UML reconhece os três tipos mais importantes de relações: dependência, associação e generalização (ou herança).

Geralmente as classes não estão isoladas e se relacionam entre elas. O relacionamento e a comunicação entre as classes definem responsabilidades, de 3 tipos (LES, 2012) :

- Associações: agregação e composição
- Generalização (herança)
- Dependências

As representações usam a seguinte notação :

Figura 58 – Simbologia relacionamentos diagrama de classe UML

Fonte: Autora

- Associação: são relacionamentos estruturais entre instâncias e especificam que objetos de uma classe estão ligados a objetos de outras classes.

A associação pode existir entre classes ou entre objetos. Uma associação entre a classe Professor e a classe disciplina (um professor ministra uma disciplina) significa que uma instância de Professor (um professor específico) vai ter uma associação com uma instância de Disciplina. Essa relação significa que as instâncias das classes são conectadas, seja fisicamente ou conceitualmente.

- Dependência: são relacionamentos de utilização no qual uma mudança na especificação de um elemento pode alterar a especificação do elemento dependente. A dependência

entre classes indica que os objetos de uma classe usam serviços dos objetos de outra classe.

- Generalização (herança : simples ou composta): relacionamento entre um elemento mais geral e um mais específico. Onde o elemento mais específico herda as propriedades e métodos do elemento mais gerais. A relação de generalização também é conhecida como herança no modelo a objetos. Como a relação de dependência, ela existe só entre as classes. Um objeto particular não é um caso geral de um outro objeto, só conceitos (classes no modelo a objetos) são generalização de outros conceitos.
- Agregação Regular: tipo de associação (é parte de, todo/parte) onde o objeto parte é um atributo do todo; onde os objetos partes somente são criados se o todo ao qual estão agregados é criado.
- Composição: relacionamento entre um elemento (o todo) e outros elementos (as partes) onde as parte só podem pertencer ao todo e são criadas e destruídas com ele.

ANEXO C – Descrição dos passos realizados para o conhecimento da rede por meio das métricas de redes complexas e grafos

Para a obtenção dos resultados anteriores foi usado Rstudio, é uma linguagem e entorno de programação para a análise estatística e gráfica. Nos exemplos utilizados foram grafos e as métricas de redes complexas. Se trabalhou com diversas bibliotecas as quais permitem ingressar grafos e suas características, e obter os resultados em valores ou matrizes dependendo da métrica.

Primeiro foram encontrados os valores de centralidade de proximidade e centralidade de intermediação, nesses cálculos somente é necessária a informação do grafo como entrada para cada função.

- Centralidade de Intermediação

```
library (igraph) #Análise de Redes e Visualização:
Inscrição Rotinas para gráficos simples e análise de rede.
library (tcltk) #Este pacote cria funções simples chamadas
Widgets, janelas, menus, caixas de diálogo, gráficos interativos.
library (Matrix) #Classes e métodos para as matrizes densas e
dispersas e operações usando elas.
library (sna) #Ferramentas para análise de redes sociais,
distância estrutural e métodos de covariância, detecção de
equivalência estrutural, a regressão de rede, geração de gráficos
aleatórios, e visualização da rede.
exb=read.graph("ex2.net", format="pajek") #Leitura de gráficos
em várias representações de um arquivo.
tkplot(exb) #Desenho de grafico interativo da rede.
exba=get.adjacency(exb) #Matriz de adjacencia da rede
exbb=as.data.frame(as.matrix(exba)) #as.matrix retorna todos
os valores de um objeto como uma matriz. as.data.frame retorna
a matriz com os valores como um objeto.
betexbb=betweenness(exbb, cmode="linearscaled") #Avaliação do
objeto matrix na Função da metrica betweenness
View (betexbb) #Resultado da métrica na tela
```

- Centralidade de proximidade

```
library (igraph)
library (tcltk)
library (Matrix)
library (sna)
clos=read.graph("ex2.net", format="pajek")
tkplot(clos)
closa=get.adjacency(clos)
closb=as.data.frame(as.matrix(closa))
closclosb=closeness(closb,cmode="directed")
View (closclosb)
```

Para obter o valor de cada nó da métrica de *resistance distance* foi trabalhado um caminho diferente e não diretamente com a Função 4.3, já que os resultados que são obtidos dessa forma são um valor de dificuldade de alcance para os vértices e não a somatória do valor das arestas para chegar a cada um dos vértices.

O primeiro passo que foi realizado para o cálculo da métrica de *resistance distance* foi encontrar todas as árvores do grafo de cada característica com raiz em cada vértice, isso foi encontrado com meio da função *spanning tree*, depois, em cada árvore com raiz fixa foram somados os pesos das arestas do menor caminho para os vértices e foi montada a matriz resultado *resistance distance* do vértice da raiz, logo ao obter todas essas matrizes foram comparados os resultados entre os nós do começo e fim iguais e foi montada uma nova matriz com os menores valores, essa última matriz é o resultado da métrica *resistance distance* do grafo custo de transporte e o tempo de deslocamento.

- *Resistance Distance*

```
library(igraph)
library(tcltk)
library(Matrix)
library(MASS) #Funções e conjuntos de dados para apoiar
estadística moderna aplicada.
library(optrees) #Localiza árvores ótimas em grafos
ponderadas. Este pacote oferece ferramentas para resolver problemas
de custo mínimo Spanning Tree.
library(gdistance) #Calcula distâncias e rotas em redes
geográficas.
library(raster) #gdistance precisa deste pacote.
```

```
library(sp) #raster depende deste pacote.
el=read.csv('custo.csv') #Lê o arquivo de quadro de dados onde
esta descrita a rede.
el[,1]=as.character(el[,1]) #cria um vetor de caracteres com
o comprimento especificado.
el[,2]=as.character(el[,2])
el=as.matrix(el) #retorna todos os valores como uma matriz.
g=graph.edgelist(el[,1:2],directed=FALSE) #cria um gráfico a
partir de uma lista de arestas. Seu argumento é uma matriz de
duas colunas, cada linha define uma aresta.
tkplot(g) #
E(g)$weight=as.numeric(el[,3]) #Pega os valores do vetor e o
força para tipo número.
nodes<-1:length(matrix(V(g)))
arcs<-as.matrix(read.csv('custo.csv'))

Lista1cus=0
Lista2cus=0
ListaR2cus=0
ListaRcus=0

omecus <- matrix(0,length(matrix(V(g))),length(matrix(V(g))))
omecus2 <- matrix(0,length(matrix(V(g))),length(matrix(V(g))))

for (n in 1:length(matrix(V(g)))){ #Obter os menores valores
das rotas mais curtas.
  tree<-getMinimumSpanningTree(nodes, arcs, algorithm = "Prim",
  start.node=n, show.data = FALSE, show.graph = FALSE )
  #Calculo de uma árvore de custo mínimo.

  tree1<-as.data.frame(as.matrix(tree))
  tree2=as.data.frame(tree1[,2,])
  tree2[,1]=as.numeric(tree2[,1])
  tree2[,2]=as.numeric(tree2[,2])
  tree2=as.matrix(tree2)

  g2=graph.edgelist(tree2[,1:2],directed=FALSE)
  E(g2)$tree.arcs.weight=as.numeric(tree2[,3])
```

```

plot(g2,layout=layout.fruchterman.reingold,
edge.width=E(g2)$tree.arcs.weight)

for(j in 1:length(matrix(V(g)))){
  di=getShortestPathTree(nodes, tree2,
    algorithm = "Dijkstra", source.node=j, directed=FALSE,
    show.data = FALSE, show.graph = FALSE,
    show.distances = FALSE) #calculo da árvore de caminho mais
curto de um dado nó de origem para o resto dos nós
do gráfico, formando uma árvore de caminho mais curto.
  di1<-as.data.frame(as.matrix(di))
  di2=as.data.frame(di1[4,])
  di2[,1]=as.numeric(j)
  di2[,2]=as.numeric(1:(length(matrix(V(g)))))
  di2[,3]=(di1[4,])
  di2=as.matrix(di2)

  for (i in 1:nrow(di2)){ #Árvore de caminho mais curto do
nó raiz i
    c=as.numeric(di2[i,1])
    d=as.numeric(di2[i,2])
    omecus[c,d] <- as.numeric(di2[i,3])
  }

}

Lista1cus[n]=list(omecus) #Árvores dos caminhos mais curtos

for (i in 1:nrow(di2)){
  a=get.shortest.paths(g2, i) #cálculo do custo do caminho
mais curto a partir do vértice dado.
  Lista2cus[i]=list(a[1]$vpath)
}

ListaR2cus[n]=list(Lista2cus) #Lista com todos os caminhos
mais curtos e seus custos
}

d=as.data.frame(as.matrix(Lista1cus[1]))
d=as.data.frame(d[1,])

```

```

d=as.matrix(d)
omecus2=d
ListaRcus=ListaR2cus[1]

for (t in 2:(length(matrix(V(g))))) {
  f=as.data.frame(as.matrix(Lista1cus[(t)]))
  f=as.data.frame(f[1,])
  f=as.matrix(f)
  for (u in 1:length(matrix(V(g)))) {
    for (v in 1:length(matrix(V(g)))) {
      if (u!=v && as.numeric(omecus2[u,v])>
as.numeric(f[u,v])) {
        omecus2[u,v]=as.numeric(f[u,v])
        ListaRcus[[1]][[u]][v]=(ListaR2cus[[t]][[u]][v])
      }
    }
  }
}

NCcus=matrix(0,length(matrix(V(g))),length(matrix(V(g))))

for (w in 1:length(matrix(V(g)))) {#Comparação dos custos dos
menores caminos para obter o menor custo do menor caminho
  for (x in 1:length(matrix(V(g)))) {
    if(w!=x){
      y=2
      while(y<=length(matrix(V(g)))) {
        a=as.matrix(as.data.frame(ListaR2cus[[1]][[w]][x]))
        b=as.matrix(as.data.frame(ListaR2cus[[y]][[w]][x]))
        if(a[2,1]!=b[2,1]){
          NCcus[w,x]=2
          y=length(matrix(V(g)))+1
        } else {
          NCcus[w,x]=1
          y=y+1
        }
      }
    }
  }
}

```

```
}
```

Se trabalho com as matrizes obtidas pela métrica de *resistance distance* nos casos de custo e tempo de viagem.

Na parte de utilização da função *fitness* para a otimização das características, se crio uma função com a qual se avaliaram 4 casos. Como na função se precisa saber se existe mais de um caminho para a deslocamento entre dois vértices, se utilizo o grafo e se desenvolve uma matriz, pela qual conhecer se o caminho é único. Na matriz 1 representa a existência de um único caminho e o 2 a existência de dois o mais.

- Número de caminhos

```
library(igraph)

graph <- read.graph("ex2.net", format="pajek") #
max <- vcount(graph)
direct<- matrix(0,max,max) #matriz de número de arestas para
isolar o nó
for(i in 1:max){
  for(j in 1:max){
    if(i!=j){
      direct[i,j]<-edge.connectivity(graph, source=i,
target=j, checks=TRUE) #A conectividade borda de dois
vértices
      if (direct[i,j]>2){
        direct[i,j]<- 2
      }
    }
  }
}
```

- Fitness

```
wp=9 #Valor fixo de custo de transporte
wt=10 #Valor fixo de custo de tempo de desplazamento
wr=2 #Valor fixo de rotas
Listafit=0 #
Listaf=0 #
for (i in 1:nrow(ometem2)){ #
```



```
for(j in 1:nrow(ometem2)){ #
  if(i!=j){ #
    case=1
    salida=matrix(0,1,3)
    fit=matrix(0,1,5)
    p=as.numeric(omecus2[i,j])
    t=as.numeric(ometem2[i,j])
    r=as.numeric(direct[i,j])

    while(case==1){#Prioridad de custo
      a=0.6
      b=0.2          gam=0.2

      fit[case]=a*((wp-p)/wp)+b*((wt-t)/wt)+gam*((r-wr)/wr)
      #Função de fitness
      case=case+1
    }

    while(case==2){#Prioridad de tempo
      a=0.2
      b=0.6
      gam=0.2

      fit[case]=a*((wp-p)/wp)+b*((wt-t)/wt)+gam*((r-wr)/wr)
      case=case+1
    }

    while(case==3){#Prioridad de rotas
      a=0.2
      b=0.2
      gam=0.6

      fit[case]=a*((wp-p)/wp)+b*((wt-t)/wt)+gam*((r-wr)/wr)

      case=case+1
    }

    while(case==4){#Prioridad igual para todas as
      características
```

```

a=0.333
b=0.333
gam=0.334

fit[case]=a*((wp-p)/wp)+b*((wt-t)/wt)+gam*((r-wr)/wr)
case=1
}
if (((wp-p)/wp)>= 0){
    vp=1
} else{vp=0}
if (((wt-t)/wt)>= 0){
    vt=1
} else {vt=0}
if (((r-wr)/wr)>=0){
    vc=1
} else {vc=0}

salida[1]=vp #Atendimento do valor fixo pela parcela de
custo
salida[2]=vt #Atendimento do valor fixo pela parcela de
tempo
salida[3]=vc #Atendimento do valor fixo pela parcela de
rotas

fit[5]=list(salida)
Listaf[j]=list(fit)
} else {Listaf[j]=0}
}
Listafit[i]=list(Listaf)
}

```

O código do número de caminhos não contempla a parte dos valores nas arestas, com o qual se propõe uma função que avalia os valores associados às características de aresta. A função encontra o valor mínimo que deve ser cortado para dois nós ficar isolados. Além disso obtém o número de partições do grafo depois de cortar ou tirar o fluxo de informação de arestas.

- Número de Arestas

```
library(igraph)
graph <- read.graph("ex2.net", format="pajek") #Leitura de gráficos
em várias representações de um arquivo.

plot(graph,layout=layout.fruchterman.reingold,
edge.width=E(graph)$weight)#Desenho de grafico da rede com valores
nas arestas.

max <- vcount(graph)
direct<- matrix(0,max,max)
lista=list(0)
listac=list(0)
for(i in 1:max){
  for(j in 1:max){
    if(i!=j){
      mincut<-graph.maxflow(graph, source=i, target=j,
capacity=E(graph)$weight) #Fluxo maximo entre dos vertices
(valor de arestas), sendo capacidade maxima a capacidade da
borda
      value<-mincut$value #Valor maxima da capacidade de borda
      graph1<-mincut$partition1 #Os vértices na primeira partição
após as bordas do corte ser removidos
      graph2<-mincut$partition2#Os vértices na segunda partição
após as bordas do corte ser removidos
      direct[i,j]<-value
      lista[i]=list(list(0))
      lista[j]=list(list(graph1,graph2))
    }
    listac[i]=list(lista) #Lista resultados do grafo
  }
}
```

ANEXO D – Proposta de um novo serviço que combina o uso nos contextos de saúde e educação

A saúde é uma parte da qualidade de vida, por tanto se encontra ligada aos direitos humanos, direitos trabalhistas, moradia, educação, alimentação e recreação. A escola é um espaço onde são formados os cidadãos desses direitos, por meio de práticas realizadas pelas pessoas críticas e criativas, que podem construir conhecimentos, relações e ações que fortalecem a participação das pessoas na busca de vidas mais saudáveis.

Pode-se entender por educação em saúde, qualquer combinação de experiências de aprendizagem alinhadas com vista a facilitar ações voluntárias referentes à saúde. A palavra combinação enfatiza a importância de combinar múltiplos determinantes do comportamento humano com múltiplas experiências de aprendizagem e de intervenção educativa.

A saúde é um dos setores mais abertos a novas soluções tecnológicas, com capacidade de automatizar e informatizar processos, na busca de eficiência e eficácia para acessibilidade para as pessoas. Tanto assim que os conceitos de m-Health, e-Health, os usos de Internet e a tecnologia de informação em toda a cadeia de atendimento à saúde está cada dia mais difundida.

D.1 Aplicações no contexto de saúde

Por meio de IoT se faz a procura de um caminho para um Hospital digital. Produtos desenvolvidos especificamente para a área da saúde ajudam aos médicos economizando tempo e enfermeiros, logística e com a análise de dados. Por exemplo, o estetoscópio e o medidor de pressão são dispositivos indispensáveis numa consulta médica e porque ainda não foram substituídos por nenhum equipo eletrônico que seja capaz de capturar e apresentar informações sobre oxigenação do sangue, latidos cardíacos e pressão em um lugar só. Esses poderiam-se substituir por uma pulseira que um paciente pode usar e enviar dados em tempo real para seu histórico médico e podem ser vistos pelo médico em um dispositivo móvel no consultório. A mesma pode ser usada por um paciente hospitalizado, para conhecimento de seus horários e doses de medicamentos, restrições alimentícias, troca de curativos, entre outras informações que podem ser compartilhadas em toda a cadeia de atendimento hospitalário, oferecendo alertas quando alguma coisa está errada. Além disso, é possível que o médico mantenha um controle mais rígido do histórico de saúde do

paciente, visto que poderá visualizar as informações necessárias a qualquer momento, com solo ingressar ao histórico automaticamente.

A IoT no âmbito da saúde tem diferentes aplicações. Alguns exemplos são o diagnóstico de doenças, a medicina preventiva, a tomada de decisões mais rápida e precisa, e a melhoria da qualidade de vida dos pacientes crônicos.

No contexto de saúde as aplicações supõem uma comunicação entre familiares e pacientes, já que os médicos podem compartilhar imagens, resultados de exames, vídeos e outra documentação, para ilustrar ao afetado e ajudá-lo a conhecer e compreender melhor sua situação, o que pode gerar uma maior comunicação entre pacientes e o pessoal médico e ter repercussões em um menor tempo de permanência do usuário em um hospital e um conhecimento da doença, estado de saúde e quais atividades ou rotinas pode realizar para melhorar sua qualidade de vida.

Com o objetivo de oferecer ao paciente um conhecimento da doença é necessária uma aplicação a qual interatue e se comunique com os médicos e administradores que pertencem ao sistema de saúde, cada pessoa têm uma acessibilidade diferente ao sistema e aos serviços. O paciente precisa de seu cadastro ao sistema de saúde, identificação, endereço de residência, número de telefone, plano de saúde, históricos clínicos, tratamentos pelos que passou e nos que está atualmente. Esses dados são necessários para que ao ingresso, se possa oferecer um serviço personalizado sem prejuízo para o paciente. Cada serviço oferecido pela entidade permite uma comunicação entre um paciente interno, seus familiares, médicos e pessoal de logística e administrativo da entidade. O paciente e seus familiares terão acesso as informações para o conhecimento das doenças, tratamentos e situação do paciente, com o fim de adquirir novos hábitos para sua qualidade de vida e ter melhor estadia no hospital, seus familiares também têm acesso a essas informações para uma colaboração com o paciente e medidas preventivas para seus históricos familiares. A aparência e opções do sistema podem ser personalizadas pelo paciente assim como ser adaptadas às diferentes necessidades dos usuários dependendo de sua idade, capacidades ou nível de mobilidade.

No caso da interação entre o médico e o serviço, o médico tem acesso às informações de cada paciente que está sob seus cuidados, essas informações são resultados de exames, tratamentos seguidos pelo paciente, histórico clínico, familiar, alertas que notificam erros na quantidade da dose subministrada ao paciente, estados de saúde e localização, a partir desses dados o médico pode habilitar tarefas que o sistema deve realizar e disponibilizar para manter um controle e seguimento do paciente desde o seu consultório. Com a base de dados o sistema também pode alertar exames repetidos, tratamentos não finalizados e quais conhecimentos devem ser expostos ao paciente sobre tratamentos e/o doenças recentes.

O *staff* do hospital deve programar, limites de uso dos dispositivos por parte dos

pacientes segundo prescrição médica para sua melhor recuperação. O pessoal administrativo e logístico pode ter acesso à localização para conhecimento de disponibilidade da entidade, doenças a serem tratadas para conhecer a demanda de médicos especialistas, alertas do paciente para controle de espaços, do pessoal médico e histórico clínico para um conhecimento dos grupos de pacientes que atendem. .

Figura 59 – Casos de uso do serviço saúde - paciente

Fonte: Autora

No primeiro caso de uso na aplicação Hospital Digital, o ator é paciente, Figura 59. O paciente tem varias opções de interação com o hospital, seus familiares e conhecimentos de sua saúde, essas interações são levadas através das seguintes opções de atividades:

- Personalização do sistema: isso permite que o sistema mude de acesso de acordo às características do paciente, idade, tratamentos, atividades permitidas, tempo de estadia no hospital, limitações físicas, com o qual as informações e atividades chegam a cada paciente com eficiência.
- Cuidados para a qualidade de vida: permite a associação de informações dos cuidados e mudanças de alimentação para prevenção e cuidados das doenças que afetam ou podem afetar o paciente. As informações são propostas desde os dados estatísticos de enfermidades comuns na comunidade e pelos especialistas da saúde.

- **Alerta:** é um caso onde o sistema alerta à área médica e administrativa de uma mudança gerada pelo seguimento da saúde do paciente.
- **Histórico clínico:** é o ingresso de informações do paciente, informações do seu estado de saúde, tratamentos recebidos e doenças anteriores informadas ou conhecidas pelo acompanhamento médico. Essas informações podem ser acessadas pelo paciente, médico e a parte administrativa, mas cada um deles terá um nível de acesso diferente.
- **Obter informação de doenças:** é uma tarefa que armazena informações do paciente e resultados dos exames prescritos pelo médico para dar suporte de informações da doença do paciente, seus tratamentos e cuidados. Essa informação é de fácil entendimento para o paciente e depende da personalização do sistema para ser apresentada.
- **Acesso à informação familiar:** oferece ao paciente acesso a comunicação via Internet com familiares cadastrados, com o qual minimizar o tempo que o paciente fica sem companhia no hospital. Esse acesso é fornecido pela parte administrativa do hospital e depende do estado de saúde do paciente e das recomendações médicas.
- **Histórico de doenças na família** é responsável por criar o banco de dados de doenças registradas em pessoas que são tratadas no hospital e história familiar para conhecer doenças por região, períodos de tempo e/ou grupo etário.

O segundo caso de uso é em que o ator é o médico, Figura 60, está composto por tarefas que o médico modifica para os pacientes e o pessoal administrativo do hospital, dependendo das doenças e dos acidentes que apresentam os usuários.

- **Aceder agenda:** oferece ao médico ver a agenda de consultas assignadas pela administração e sobre seu serviço de atendimento em urgências.
- **Listado de pacientes:** são as informações dos pacientes que são atendidos por cada médico, com o qual permite aceder ao histórico dos pacientes tratados, ver seus diagnósticos, ordens e resultados dos exames. A parte administrativa faz novos cadastros de pacientes e dependendo da necessidade é assignado um espaço na agenda do médico.
- **Histórico clínico paciente:** é onde se tem a base das informações das enfermidades de cada paciente e o histórico do paciente, esses dados servem para para sugestões de tratamentos e planejamento de informações de prevenção e cuidados de saúde para a qualidade de vida pessoal e social.
- **Exames:** é o registro dos exames que são realizados e solicitados pelo médico aos pacientes, isso é realizado pelo sistema e oferece o conhecimento da disponibilidade

Figura 60 – Casos de uso do serviço saúde - médico

Fonte: Autora

dos recursos e espaços para agendar distributivamente os exames organizando eles por prioridade, para logo com os resultados começar o tratamento e fazer a estadia do usuario o mais curta e confortável possível.

- Localização do paciente: a informação mostra ao médico onde se encontra o paciente e dessa forma encontra-lo facilmente se chegar a se apresentar uma alerta do paciente ou para o controle do tratamento.
- Alerta Paciente: a tarefa alerta é uma alarme gerada pelo estado de saúde do paciente, ou no caso em que a administração encontre um erro de informações de tratamentos ou alguma falha na localização do paciente.
- Realizar pedido de exame: é a ação do médico fazer um pedido para um paciente, as informações passam ao sistema e notificam à parte administrativa do uso de espaços e dos dispositivos que precisa cada paciente para a realização dos exames. Gera um calendário para conhecimento do uso dos recursos do hospital e retorna ao médico o resultado dos exames do paciente.

O terceiro caso de uso é o caso onde o autor é o administrador do sistema, Figura

Figura 61 – Casos de Uso del Servicio Salud - Administrador

Fonte: Autora

61, o caso de uso está composto por tarefas de cadastro de pacientes e seus familiares, localização do paciente, médicos e especialidades do hospital, tratamentos e doenças tratadas.

- Cadastro de pacientes: permite o cadastro de entrada de pacientes que estiveram e usaram os recursos do hospital, inclui informações dos familiares para comunicação e acesso ao sistema durante a estadia do paciente.
- Listado de médicos: permite a adição e edição do listado de médicos e as especialidades de cada um para o controle e alocação de pacientes.
- Localização do paciente: permite à administração localizar o paciente dentro do hospital e fazer um seguimento das mudanças e usos das salas dos pacientes.
- Listado de pacientes: nessa lista se encontra uma base de dados das doenças dos pacientes que estão no hospital, os exames que foram solicitados para conhecimento dos recursos e dispositivos necessários e das especialidades que precisam estar disponíveis para o atendimento.
- Tratamento de pacientes: é uma tarefa na qual o administrador com o conhecimento das estatísticas das doenças e tratamentos subministrados no hospital chegam a oferecer um melhor serviço pelo conhecimento da disponibilidade de espaços e

dispositivos em qualquer momento, também atualizar, permitir ou negar o uso de acordo ao estado de manutenção e cuidados de cada um dos recursos protegendo ao paciente e entregando resultados verdadeiros sem perda de tempo ao reduzir a repetição de exames e começar tratamentos errôneos nos pacientes.

D.2 Aplicação educação em saúde no contexto escolar

No modelo de saúde as pessoas devem e podem seguir orientações, com o qual encontrar uma mudança no comportamento, a mudança deve cercar conhecimento de diferentes fatores subjetivos e objetivos como são os de contexto social, econômico e cultural, além das motivações individuais.

O trabalho em grupos torna visível o encontro de estratégias coletivas para conseguir enfrentar os problemas de toda a comunidade, alcançando um conhecimento individual do corpo, consciência do cuidado pessoal e um conhecimento de riscos onde criar aprendizagens de prevenção e cuidado do ambiente e do bem-estar.

Desde informações do contexto de saúde, se encontra que as crianças em idade escolar, somente mostram uma preocupação com a saúde depois de passar por alguma doença, por isso é importante e necessário desenvolver hábitos de saúde. Para o desenvolvimento de hábitos em grupos de crianças em idade escolar se pode começar pelo conhecimento do corpo e como cuidar dele, realizando atividades lúdicas em espaços diferentes da escola. As cidades podem oferecer parques temáticos de natureza humana como o projeto, A Mulher Gigante, na qual o objetivo era ser uma exposição cultural e didática, de caráter interativo, que explica o funcionamento do corpo humano (URBANA, 2014).

Uma aplicação que tem impacto na saúde dos estudantes y que pode ser desenvolvida para o contexto de educação, baseada na ideia de conhecimento do corpo e seu bem-estar, é “Natureza humana”. Natureza humana abarca a ideia de a cidade oferecer aos cidadãos em idade escolar um uso educativo de espaços recreativos com implementação de parques temáticos móveis e rotativos. Cada parque ofereceria informação de tópicos específicos e gerais do corpo humano, sua saúde e benefícios dos cuidados para a comunidade, deverá contar com atividades iterativas e explicativas do tópico que se quer ensinar, ter uma interação entre o usuário, e parque, e um grupo de pessoas da área da saúde que conheçam as deficiências de saúde na região e na comunidade. Essas informações devem ser registradas para o controle de nível de conhecimento da população de cada tema, isso com a finalidade de organização, melhorias, e mudança de atividades nos parques temáticos para o reforço dos conhecimentos. .

Natureza humana precisa de uma base médica e educacional para a seleção dos temas e como eles são expostos nos diferentes grupos da região.

A aplicação Natureza Humana pode ser desenvolvida no conceito IoT, com o qual se

consegue uma interação entre os diferentes atores através da Internet, com a finalidade de ter um controle e cadastro da evolução da comunidade, para uma avaliação dos benefícios e mudanças de percepção de tecnologia para o serviço social no contexto educacional com fins de bem-estar comunitário.

Figura 62 – Casos de uso do serviço saúde na educação - criança

Fonte: Autora

No primeiro caso na aplicação Natureza Humana o ator são as crianças em idade escolar, Figura 62, tem diversas opções de interação com o sistema e os espaços onde podem adquirir conhecimentos de cuidados pessoais e alcançar um bem-estar de toda a comunidade. Cada criança que interatua com o sistema tem as seguintes opções de atividades:

- Cadastro e acesso ao sistema: isso permite o cadastro e o acesso as atividades oferecidas na região, essas informações são importantes para futuras avaliações dos dados estatísticos das visitas, mudança de hábitos e bem-estar depois do conhecimento das informações.
- Realizar atividades: isso permite a associação de informações de atividades e as áreas de conhecimentos que a criança vai adquirir para modificação de hábitos, a administração pode registrar uma nova tarefa, modificar alguma já existente de acordo às estatísticas de saúde dos moradores da região.

- Relação entre atividades: é um caso onde os usuários obterão conhecimentos relacionados ao cuidado pessoal para diminuição dos níveis das doenças mais apresentadas pela comunidade.
- Informações de saúde sob o cuidado pessoal e das doenças: mostra como os diferentes cuidados podem reduzir os riscos de doenças e contágios, e como sem esses cuidados pode aumentar a vulnerabilidade a diversas doenças.
- Cadastro e localização: é uma tarefa que recebe informações de quem ingressou ao sistema e desde onde, neste caso de uso é necessário o conhecimento das informações de cada usuário, a região em qual ele reside e o grupo de doenças, para com isso identificar futuras atividades que devem chegar na região e quando a população acessa, interatua e conhece as informações divulgadas pelo parque.
- Salvar dados: está encarregado de criar a base de dados estatísticos da população que conseguiu acesso e recebeu as informações do parque, essas informações são estatísticas para a segurança e privacidade das informações sensíveis aos usuários.

Figura 63 – Casos de uso do serviço saúde na educação - Medico

Fonte: Autora

O segundo caso de uso é o caso onde o ator é o grupo de saúde, Figura 63, ele está composto por tarefas que fornecem informações à parte administrativa e educacional sob prevenção de doenças e cuidados que as pessoas devem ter para desenvolver um trabalho específico que alcance os objetivos de diminuir riscos e doenças na região.

- Listado de comunidades da região: isso oferece as informações estatísticas de vulnerabilidade da região, dividida em grupos para diferenciar e priorizar os de maior vulnerabilidade e prevenir um contágio massivo na região.
- Parques interativos: permite à área de saúde o listado de parques interativos existentes e o histórico de localização nas regiões.
- Entrega de informação educativa para prevenção de riscos na saúde: é a ação onde a área da saúde revisa os conteúdos dos parques interativos e se consegue abordar os objetivos propostos para diminuição de riscos e conhecimento das doenças nas regiões.
- Sugestões de novos parques ou modificações: consiste na adição de novos temas, reforços às informações trabalhadas por cada parque para um maior impacto no desenvolvimento de novas prioridades na região.

Figura 64 – Casos de uso do serviço saúde na educação - Professor

Fonte: Autora

O terceiro caso de uso é onde o ator é o professor, Figura 64, está composto por tarefas de modificação e desenvolvimento de atividades lúdicas desde informações da área de saúde e cadastro dos usuários no sistema.

- Cadastro de acesso: isso permite a permitir o acesso de estudantes da região ao sistema de parques interativos para a aquisição de conhecimentos lúdicos e mudanças nas rotinas com objetivo de prevenção, conhecimento e identificação científica e biológica.
- Proposta de atividades lúdicas nos parques: permite a criação de atividades para cada objetivo proposto pela área da saúde, tais atividades são realizadas para os diferentes grupos que visitam o parque.

- Relação entre temas dos parques e currículo de estudo: é a ação onde o professor inclui as atividades realizadas nos parques iterativos em metas alcançáveis nos níveis de estudo de cada estudante com o qual fortalecer a relação entre as informações lúdicas e escolares e incentivar o aprendizado em contextos diferentes à escola.
- Disponibilização da informação nos Parques Interativos: é uma tarefa na qual o professor autoriza a disponibilização do conteúdo desenvolvido e as atividades interativas depois de uma revisão do atendimento dos objetivos da área medica e educacional.

Figura 65 – Casos de uso do serviço saúde na educação - administrador

Fonte: Autora

O quarto caso de é onde o autor é o administrador do sistema, Figura 65, está composto por tarefas de modificação de cadastro de acesso de uma comunidade especifica a um parque especifico, mudanças de localização dos parques, modificação de acesso de acordo ao histórico de saúde da região, comprovação de atividades para o tema e objetivo principal, e conhecimento dos espaços.

- Cadastro de acesso de comunidades e parques interativos da cidade: isso permite à parte administrativa aceder a lista de parques, informações de localização e da comunidade que tem acesso a cada parque, com essas informações fazer um cadastro dos conhecimentos que cada região adquire e priorizar cada acesso.
- Localização: permite o seguimento das deslocamentos dos parques e agendamento de transferências de cada parque interativo.

- Notificação de acesso para a comunidade: é a ação onde a administração informa à cidade e seus moradores os parques disponíveis e os objetivos de cada um, convidando aos usuários das regiões a interatuar com o parque mais próximo.
- Comparativo de atividade e tema do parque: a parte administrativa neste caso é encarregada de realizar uma rápida revisão dos conteúdos trabalhados em cada parque, com o qual desde uma visão não experta considerar se as atividades estão no caminho do objetivo e tópico do parque.
- Disponibilidade de espaços: é uma tarefa na qual o administrador consegue as informações das localizações possíveis e disponíveis na cidade, para implantações dos parques, cada espaço deve mostrar uma pequena descrição de suas características básicas como tamanho disponível e acessibilidade para a região para saber se satisfaz os objetivos e se a cidade oferece transporte necessário e o calendário de disponibilidade de tal espaço para a programação de todas as atividades da cidade.