JOSÉ EVALDO GONÇALO

**Modelo de Gestão por Processo de Negócios para Automação de
Centros Integrados de Mobilidade Urbana**

São Paulo
2017

JOSÉ EVALDO GONÇALO

**Modelo de Gestão por Processo de Negócios para Automação de
Centros Integrados de Mobilidade Urbana**

Tese de doutorado apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em
Ciências.

São Paulo
2017

JOSÉ EVALDO GONÇALO

**Modelo de Gestão por Processo de Negócios para Automação de
Centros Integrados de Mobilidade Urbana**

Tese de doutorado apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo,
para obtenção do título de Doutor em
Ciências.

Área de Concentração: Sistemas de
Potência

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Mario Dias

São Paulo
2017

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, _____ de _____ de _____

Assinatura do autor: _____

Assinatura do orientador: _____

Catálogo-na-publicação

GONÇALO, JOSÉ EVALDO

Modelo de Gestão por Processo de Negócios para Automação de Centros Integrados de Mobilidade Urbana / J. E. GONÇALO -- versão corr. -- São Paulo, 2017.

183 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas.

1.Mobilidade urbana 2.Sistemas de transporte inteligentes 3.Cidades inteligentes 4.Centros integrados 5.Modelagem e gestão por processos I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas II.t.

Dedico essa tese à minha Neguinha e às nossas duas filhas. Quando olho e vejo os exemplos que são vocês, Érika, Luara e Sabrina, acredito cada vez mais na importância de lutar por igualdade social, contra todo tipo de discriminação, e não perder nunca de vista que poderemos ter um mundo melhor e mais igualitário para vivermos. Beijos enormes, pois amo vocês muito, muito mesmo!

AGRADECIMENTOS

"A cada dia que vivo, mais me convenço de que o desperdício da vida está no amor que não damos, nas forças que não usamos, na prudência egoísta que nada arrisca, e que, esquivando-se do sofrimento, perdemos também a felicidade. A dor é inevitável. O sofrimento é opcional."

Carlos Drummond de Andrade

Começo lembrando esse pensamento do poeta mineiro, pois agradecer é falar da vida, e aqui registro a imensa consideração que tenho aos que estiveram comigo direta ou indiretamente nos momentos em que escrevia. Apesar da liberalidade deste espaço, as congratulações ficam para sempre, assim como a tese, guardadas em nossos corações e nas prateleiras da biblioteca.

Primeiramente, minha mãe querida e meus irmãos, obrigado por tudo, desde aquele início em 1985 ao sair de casa para estudar, numa época em que ninguém de nossa família ainda tinha ingressado em uma universidade. Nos dias de hoje, graças ao trabalho e à coragem de vocês, temos diversos "doutores" na família.

Patrícia, Ana, Michelle e Renan que trabalham comigo e com muita inteligência e paciência me aguentaram no dia a dia do emprego estafante, às vezes agregado às diversas horas, dias e meses que precisei dedicar à pesquisa e à escrita desta tese.

Obrigado, Jilmar Tatto, meu chefe e amigo, pelo compartilhamento e pela convivência, e a todos os colegas de trabalho (e são muitos) da Prefeitura Municipal de São Paulo, pelo auxílio, entusiasmo, companheirismo.

Aos amigos e amigas, Marcos e Márcia, Edimar e Lorena, Heitor e Marta, Denilson e Carol, Mauricio, Maria Lúcia (todos vocês), cujas casas rotativamente são ocupadas aos finais de semana, e, mesmo em alguns dias que tínhamos de adiar nossos momentos de vinhos e cervejas por causa dos estudos, nunca me abandonaram e sempre estiveram disponíveis nas semanas seguintes.

Aos amigos Vidal Melo, Mauricio Chaim, Regi Magalhães, Antonio Moraes e Paulo Benites que opinaram e deram sugestões importantes para a melhoria deste trabalho.

E, é óbvio, muito obrigado ao meu orientador e amigo, guia desta tese, Professor Eduardo Dias. Sua inspiração, seu incentivo e seu conhecimento fizeram com que eu continuasse acreditando, corrigindo, trabalhando.

Para concluir, outro poeta mineiro, pois a vida corre e nos exige coragem.

"O correr da vida embrulha tudo. A vida é assim: esquenta e esfria, aperta e daí afrouxa, sossega e depois desinquieta. O que ela quer da gente é coragem."

Guimarães Rosa

RESUMO

Mobilidade Urbana é uma das questões mais importantes da atualidade, pois afeta uma parcela significativa da população, impacta fortemente a poluição ambiental, é um problema mundial e tende a piorar com o aumento da densidade populacional e das cidades. A provisão de grandes obras de infraestrutura é cada vez mais difícil e onerosa, sendo necessário o uso da tecnologia e da integração de sistemas para o melhor aproveitamento da estrutura existente. O objetivo desta tese é propor um modelo de gestão para automação de centros integrados aderentes às realidades de custo, disponibilidade tecnológica, cultura organizacional e estratégias políticas de cidades com características semelhantes aos grandes e médios municípios do Brasil. Tal modelo permite, dentre outras contribuições, promover melhorias nas tomadas de decisão por gestores da área de mobilidade urbana por meio da incorporação e da liberação de dados e informações dentro de uma modelagem de gestão que visa facilitar as parcerias e a comunicação entre diferentes setores. As maiores cidades brasileiras estão buscando se atualizar para resolver seus problemas de mobilidade e passam por um período de transformação. A proposta do Centro Integrado de Mobilidade Urbana possibilita automatizar processos, implementar novas funcionalidades, fornecer informações para usuários, compartilhar recursos e diminuir custos. A utilização de ferramentas do arcabouço da Modelagem por Processos de Negócios (BPM) é a escolha lógica para um sistema que lida com tantas interrupções. Ao se projetar modelos de trabalho com o intuito de incorporar novas tecnologias e/ou torná-los mais eficientes, é preciso modelá-los de alguma maneira. O sistema de BPM adapta-se bem à necessidade de padronização e reprodutibilidade de processos, propiciando ainda a agregação de múltiplas saídas por processo. A visibilidade e o alcance desta metodologia aumenta a sobrevivência de modelagens realizadas nesta base. O desenvolvimento de aplicativos de mobilidade deve acontecer de forma acelerada nos próximos anos. Como demonstrado, a necessidade de automação, integração e consolidação de informações corroboram com a criação de um Centro Integrado. A utilização dos sistemas propostos é uma maneira de formalizar e aumentar a busca por parcerias e facilitar colaborações

tanto no sentido de captar quanto de informar, dando suporte às pesquisas internas de órgãos públicos e privados.

Palavras-chave: Mobilidade urbana. Sistemas de transporte inteligentes. Cidades inteligentes. Centros integrados. Modelagem e gestão por processos.

ABSTRACT

Urban Mobility is one of the most important issues of our times, because it affects a significant portion of the population, strongly impacts the environmental pollution, it is a global problem and tends to get worse with increasing of population density and cities. The delivery of major infrastructure is becoming increasingly difficult and costly, requiring the use of technology and systems integration for better utilization of the existing structure. The objective of this thesis is to propose a management model for automation of integrated centers connected to cost realities, technological availability, organizational culture and political strategies of cities similar to large and medium-sized municipalities in Brazil. This model allows, among other contributions, to promote improvements in the decision making process by managers of urban mobility area through the incorporation and release of data and information within a management model to facilitate partnerships and communication among different sectors. The largest Brazilian cities are seeking to update themselves to solve their mobility problems and undergo a period of transformation. The Integrated Urban Mobility Center proposed allow to automate processes, implement new functionalities, provide information to users, share resources and reduce costs. Using tools from the Business Process Modeling (BPM) framework is the logical choice for a system that handles so many disruptions. When designing work model to incorporate new technologies and / or to make them more efficient, it is necessary to modeled it in some way. The BPM system adapts well to the needs of standardization and processes reproducibility, further enabling aggregation of multiple outputs by process. The visibility and extent of this methodology increases the life time of modeling performed on this basis. The development of mobility apps will happen rapidly in the coming years. As demonstrated, the need for automation, integration and consolidation of information corroborates with the creation of an Integrated Center. The use of the proposed systems is a way to formalize and increase the search for partnerships and facilitate collaboration both to capture as to inform, supporting the internal researches of private and public agencies.

Keywords: Urban mobility. Intelligent transport systems. Smart cities. Integrated centers. Modeling and management by process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Mecanismo das cidades inteligentes.	24
Figura 2 — Ciclo das tecnologias emergentes.	26
Figura 3 — Índice de Mobilidade Urbana Sustentável, Fortaleza, 1992-2014.	38
Figura 4 — Índice de Mobilidade Urbana em cidades selecionadas.	40
Figura 5 — O <i>cityscore</i> de Boston.	48
Figura 6 — Métricas utilizadas para a composição do <i>cityscore</i> de Boston.	48
Figura 7 — Arquitetura básica do IoT/IoE.	54
Figura 8 — Tripé de conceitos tecnológicos.	55
Figura 9 — Arquitetura com comunicação dedicada ponto a ponto.	59
Figura 10 — Arquitetura do Centro Integrado de Mobilidade Urbana concebido para a cidade de São Paulo.	64
Figura 11 — Um cenário de monitoramento de tráfego utilizando RFID.	82
Figura 12 — Funcionamento do sistema SINIAV.	89
Figura 13 — Relação entre nível de interdependência e complexidade do trabalho.	97
Figura 14 — Evolução dos conceitos de tecnologia da informação e gestão associados à gestão por processo de negócio.	98
Figura 15 — Objetos de evento.	100
Figura 16 — Objetos de atividade.	101
Figura 17 — <i>Gateways</i>	101
Figura 18 — Objetos de conexão.	102
Figura 19 — <i>Swim lanes</i>	102
Figura 20 — Artefatos.	103
Figura 21 — Objetos de dados.	103
Figura 22 — Processos relacionados a informação em um centro integrado	107

Figura 23 - Processo de aquisição de dados	110
Figura 24 - Processo de entrega de informações.....	116
Figura 25 — Evolução mensal das mortes no trânsito por tipo de usuário.	125
Figura 26 — Evolução mensal dos valores anuais móveis do total de mortes no trânsito.	128
Figura 27 — Atitudes dos usuários antes da implantação do sistema.	130
Figura 28 — A rede de Ônibus da Madrugada.....	132
Figura 29 — Níveis de controle na operação Ônibus da Madrugada.....	133
Figura 30 — Funcionamento da Zona Azul Digital.	135
Figura 31 — Processo de pagamento da Zona Azul Digital.....	136
Figura 32 — Evolução dos serviços de revitalização semafórica.....	145
Figura 33 — Evolução mensal de ocorrências de falhas em semáforos, cidade de São Paulo, 2014-2016.	146
Figura 34 — Distribuição de falhas confirmadas pela manutenção, por grupo.	147
Figura 35 — Atividades Mobilab por tipo de contribuição.	152

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 — Elementos de mobilidade urbana em cidades selecionadas.	49
Quadro 2 — Evolução dos acidentes fatais e mortes nas principais vias de São Paulo.	124
Quadro 3 — Ocorrências de falhas por ano em semáforos, 2004 a 2015.	146
Quadro 4 — Falhas confirmadas pela manutenção, por grupo.	147

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — População, área e frota veicular em cidades selecionadas.	30
Tabela 2 — Evolução da população, do número de semáforos e da frota veicular, São Paulo, 1978, 1999 e 2015.	32
Tabela 3 — Porcentagem de renegociação de parcerias público-privadas.	69

LISTA DE SIGLAS

AMC	Autarquia Municipal de Trânsito e Cidadania
ANA	Agência Nacional de Águas
ANATEL	Agência Nacional de Telecomunicações
ANTAQ	Agência Nacional do Transporte Aquaviário
BAR	<i>Boston About Results</i>
BPM	<i>Business Process Modeling</i>
BPMN	<i>Business Process Modeling Notation</i>
BRT	<i>Bus Rapid Transit</i>
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CFTV	Circuito Fechado de Televisão
CET	Companhia de Engenharia de Tráfego
CIMU	Centro Integrado de Mobilidade Urbana
CITRAM	Centro Integral de Gestión del Transporte Publico
COR	Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro
CTA	Controle de Tráfego em Área
DER	Departamento de Estradas de Rodagem
DFTrans	Transporte Urbano do Distrito Federal
DGT	<i>Dirección General de Tráfico</i>
DETRAN	Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo
DSV	Departamento dos Sistemas Viários
EBTU	Empresa Brasileira de Transporte Urbano
EMT	Empresa Municipal de Transportes de Madri
ENAP	Escola Nacional de Administração Pública
ETUFor	Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza
FGV	Fundação Getúlio Vargas
GEIS	Gestor de Incidência
GES	<i>Gestión de la Seguridad</i>
GPRS	<i>General Packet Radio Services</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
GSMC	<i>Global System for Mobile Communications</i>
GSM	<i>Global System for Mobile</i>

IBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IMUS	Índice de Mobilidade Urbana Sustentável
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IoE	<i>Internet of Everything</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
ITDP	<i>Institute for Transportation and Development Policy</i>
ITS	<i>Intelligent Transport System</i>
LAN	<i>Local Area Networks</i>
LTA	<i>Land Transport Authority</i>
M2M	<i>Machine to Machine</i>
NoSQL	<i>Not only Structured Query Language</i>
NTCIP	<i>National Transportation Communication for Intelligent Transportation System Protocol</i>
OD	Origem e Destino
OSI	<i>Open Systems Interconnection</i>
OTTCs	Operadoras de Tecnologias de Transporte Credenciadas
PAN	<i>Personal Area Networks</i>
PPPs	Parcerias Público-Privadas
QoS	<i>Quality of Service</i>
RFID	<i>Radio-Frequency Identification</i>
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SCATS	<i>Sydney Coordinated Adaptive Traffic System</i>
SCOOTs	<i>Split Cycle Offset Optimisation Technique</i>
SEMCO	Semáforos Coordenados por Computador
SEMOB	Secretaria de Estado de Mobilidade do Distrito Federal
SGBDRS	Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais
SGI	<i>Sistema de Gestión Intercambiadores</i>
SGIP	<i>Informacion al Usuario</i>
SGRAF	Supervisor Gráfico

SIM	Sistema Integrado de Monitoramento
SINIAV	Sistema Nacional de Identificação Veicular
SMT	Secretaria Municipal de Transporte
SOBRASIN	Sociedade Brasileira de Sinalização
SPTans	São Paulo Transportes S/A
SQL	<i>Structured Query Language</i>
TCB	Transporte Coletivos de Brasília
TfL	<i>Transportation for London</i>
UTMC	<i>Urban Traffic Management Control</i>
VLT	Veiculo Leve sobre Trilhos
WAN	<i>Wide Area Networks</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	CENÁRIO NACIONAL E INTERNACIONAL	30
2.1	BRASIL.....	31
2.1.1	São Paulo	31
2.1.2	Rio de Janeiro.....	34
2.1.3	Salvador	35
2.1.4	Brasília	36
2.1.5	Fortaleza.....	37
2.2	CASOS INTERNACIONAIS	39
2.2.1	Madri.....	40
2.2.2	Londres	42
2.2.3	Cingapura.....	43
2.2.4	Washington	46
2.2.5	Boston	47
2.3	COMPARATIVO DA GESTÃO E INTEGRAÇÃO VIVENCIADO NAS CIDADES	49
3	FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DO MODELO PARA CENTROS INTEGRADOS	52
3.1	CIDADES INTELIGENTES.....	53
3.2	INTERNET DAS COISAS (IoT)	58
3.3	CENTRO INTEGRADO DE MOBILIDADE URBANA (CIMU).....	63
3.4	PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS.....	68
3.5	<i>DATA SHARING</i>	72
3.6	<i>BIG DATA</i>	73
3.7	<i>DATA MINING</i>	78
3.8	COMPUTAÇÃO EM NUVEM	80
3.9	RFID E SENSORIAMENTO	81
3.10	CONTROLE SEMAFÓRICO	83
3.11	INICIATIVAS INOVADORAS EM MOBILIDADE URBANA	87
3.11.1	SINIAV	88

3.11.2	Waze	89
3.11.3	Uber	90
3.11.4	Moovit	91
4	GESTÃO E MODELAGEM POR PROCESSO DE NEGÓCIO	93
4.1	GESTÃO POR PROCESSO DE NEGÓCIO	95
4.2	A MODELAGEM POR PROCESSO DE NEGÓCIO	97
4.3	<i>BUSINESS PROCESS MODELING NOTATION (BPMN)</i>	99
5	ARQUITETURA DO MODELO DE GESTÃO PARA CENTROS INTEGRADOS	104
5.1	PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE DADOS	109
5.2	OPERAÇÃO DA BASE DE DADOS	115
5.3	ENTREGA DE INFORMAÇÕES	116
5.4	ACOMPANHAMENTO DE MÉTRICAS	120
6	APLICAÇÃO EM MOBILIDADE URBANA	123
6.1	USO DE MÉTRICAS NO CONTROLE DAS VELOCIDADES EM VIAS URBANAS	123
6.2	OPERAÇÃO CONTROLADA DOS ÔNIBUS URBANOS	129
6.3	SISTEMA DE ESTACIONAMENTO DIGITALIZADO	134
6.4	EXPLORAÇÃO DO USO INTENSIVO DO VIÁRIO URBANO	137
6.5	SISTEMA DE CONTROLE DE TRÁFEGO E DADOS	140
6.6	LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E PROTOCOLOS ABERTOS (MOBILAB)	150
6.6.1	Automação da fiscalização da CET e SPTrans e da Operação	152
6.6.2	Fiscalização das empresas de ônibus no celular	153
6.6.3	Fiscalização da CET no celular	154
6.6.4	Sistema de vistoria de ônibus	154
6.6.5	Automação de entrada e julgamento de multas	154
6.6.6	Aplicativo para comunicação com o usuário de ônibus	155
6.6.7	Plataforma de comunicação com as empresas	155
6.6.8	Iniciativa Bloomberg de Segurança Viária	156
6.6.9	Transporte individual: táxis e credenciamento de OTTCs	158
6.6.10	Programa de Residência de Startups	158

6.6.11	Virtualização do cartão do Bilhete Único	159
6.6.12	Aplicativo para vagas de deficientes e idosos na Zona Azul	159
6.6.13	Painel e mapas da Pesquisa OD de Cargas	160
6.6.14	Automação da indicação de condutor.....	160
6.6.15	Áudio guiado por GPS para o Circular Turismo	160
6.6.16	Programa Harvard-Mobilab Experience	161
6.6.17	Hackatonas e abertura de dados	162
6.6.18	Resultados da iniciativa.....	163
	CONCLUSÃO	164
	REFERÊNCIAS.....	170

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana é uma das questões essenciais para o desenvolvimento das sociedades modernas. Os problemas de mobilidade geram custos crescentes e sua complexidade exige a elaboração de planos e estruturas integrados que envolvem grande e diversificado número de atores da sociedade. Por outro lado, o aumento em escala da demanda por meios eficientes de locomoção tornam sua gestão um dos principais desafios do século XXI.

Para lidar com esse desafio, os gestores, além de estarem atualizados quanto às soluções estudadas e aplicáveis a essa área, precisam se munir de tecnologias cada vez mais sofisticadas. Nos grandes centros urbanos, a implantação de melhorias e o aumento na velocidade de resposta às ocorrências produzem significativos impactos sobre a qualidade de vida.

Antes de discutir propriamente tecnologias e soluções para um novo modelo na gestão, é necessário um levantamento histórico do problema e seu desenvolvimento.

Em fins do século XIX e no início do século XX (de 1872 a 1901), em São Paulo e em outras grandes cidades do Brasil chegaram as companhias de transporte e de energia elétrica, dominadas pela Light, empresa canadense que se tornou, segundo Toledo (2015, p. 44), "um polvo com tentáculos em inúmeros setores, e a iluminação elétrica, por exemplo, desponta como definitivo truque no esforço de transformar a noite em dia, e libertar a humanidade do jugo da escuridão". Com exceção do setor de águas e esgotos, a Light foi predominante em todos os outros serviços públicos à época e durante ainda algumas décadas.

A concentração humana em busca de mais oportunidades, maior conhecimento e melhor qualidade de vida, além dessa nova condição dos serviços urbanos, passou a contribuir para o aumento do fluxo de pessoas pela cidade, mesmo antes da disseminação do automóvel. Em consequência, gerou congestionamentos restritos a áreas específicas, como centros comerciais e portos, dificilmente se estendendo para outras áreas.

As ruas eram suficientes para acomodar o tráfego, excetuando-se os períodos de pico, sendo mais limitada a preocupação com ocupação do espaço viário. Em Londres, por

exemplo, tratavam-se as ruas como espaço público pertencente a toda a população, e até como espaço adequado a brincadeiras infantis (FALCOCCHIO; LEVINSON, 2015).

Já em 1945 entravam e saíam 900 mil paulistanos do centro da cidade — 600 mil de bonde e 300 mil de ônibus —, a cada dia útil. Isto já configurava um quadro de congestionamento, incluindo filas e atrasos (TOLEDO, 2015, p. 464).

Desde então, os grandes centros urbanos já evidenciavam a deterioração de atividades consideradas triviais, como, por exemplo, o deslocamento por poucos quilômetros para atendimento de um simples compromisso.

O desenvolvimento e o crescimento de países e de cidades têm características distintas, conforme a maneira e o momento histórico de cada um (seja na Europa, na Ásia ou nas Américas). Mas, sem dúvida, nos dias de hoje, podem ser relacionados ao tema de aplicação desta pesquisa. O crescente número de veículos particulares promove o inchaço do trânsito, dificultando a locomoção, principalmente nas regiões em que se concentra a maior parte dos serviços e dos empregos.

Vale ressaltar também que o modelo histórico de organização do espaço geográfico brasileiro não contribuiu para a mudança desse cenário de hoje. Afinal, ao longo dos séculos XIX e XX, houve rápida urbanização do país, que assistiu a acelerado processo de crescimento das cidades e de metropolização.

As regiões metropolitanas do século XXI abrigam mais de 20 milhões de pessoas que diariamente demandam serviços de locomoção pelos diversos modais disponíveis. A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), por exemplo, abriga mais de 21 milhões de pessoas, espalhadas por 1.521 km², que demandam circulação por trem, metrô, ônibus, carro, bicicletas e deslocamentos a pé (IBGE, 2014).

A urbanização desenfreada em escala global traz inúmeros desafios e exige esforços conjuntos para desenvolver novas maneiras de lidar com os problemas da cidade (AOUN, s/d). Áreas tais como demografia, planejamento urbano, infraestrutura, economia, ecologia, sociologia e direito precisam ser mescladas em uma matriz que possibilite elaborar soluções para os desafios complexos e multifacetados que

aparecem diariamente em metrópoles globais, caracterizando um esforço multidisciplinar.

Como exemplo, o problema da poluição não está desassociado do problema do manejo dos resíduos sólidos e a solução proposta para esses pode causar impactos no trânsito. Importa dizer que as demandas de uma cidade exigem uma compreensão holística, buscando-se soluções que agreguem os diversos interesses urbanos e que beneficiem a cidade como um todo, para que todos ganhem.

Pode-se afirmar que a mobilidade urbana é tanto a área mais afetada por outras demandas, quanto a que mais gera efeitos. A mobilidade urbana envolve diversos componentes, que devem se integrar e interagir para permitir o fluxo de pessoas e bens nas cidades. A Lei nº 12.587/2012, que institui a Política Nacional de Mobilidade Urbana, em seu art. 4º, inciso II, conceitua mobilidade urbana como a "condição em que se realizam os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano".

Soma-se a isso o fato de que os sistemas de movimento ou de transporte são elementos dos mais destacados na organização territorial. Organizam os fluxos de pessoas e bens no espaço e se tornam, ao mesmo tempo, um indicativo do grau de desenvolvimento e da preocupação da organização estatal, que gere aquele território, e de seu respectivo avanço.

Por movimentar pessoas e bens, a mobilidade é a base da economia, da rotina diária dos cidadãos, do acesso aos diversos serviços públicos (como a saúde e a educação), de políticas de redução de emissão de poluentes e de políticas inclusivas. A evidência da conexão entre a mobilidade e o desenvolvimento econômico, a competitividade e a qualidade de vida nas áreas urbanas é demonstrada por inúmeros estudos, dentre os quais pode-se destacar: Eunoia Consortium (2012); Hickman; Banister (2003); Le Galès (2002); e Wegener (2010).

A solução para a problemática da mobilidade urbana está num conjunto de medidas que abrangem os diferentes sujeitos envolvidos. Torna-se relevante a atitude individual do cidadão de se abster da utilização do transporte individual motorizado, para realizar seu itinerário por meio do transporte coletivo urbano, a pé ou de bicicleta — mas também a capacidade do poder público e dos operadores do transporte público

de oferecer um serviço de alta qualidade e atratividade ao usuário (TATTO, 2015, p. 19).

Para Reis (2014, p. 136), a mobilidade urbana "deve ser baseada num conjunto abrangente de providências, vistas de forma sistêmica e integrada". Segundo esse autor, as soluções para a mobilidade urbana nas grandes cidades envolvem diversos aspectos, entre os quais pode-se mencionar: a necessidade de grandes investimentos; a necessidade de se fazer planejamento de longo prazo, cuidando para que haja continuidade dos projetos (já que a gestão da mobilidade não pode se limitar aos ciclos de governo); e deve-se concentrar parte dos esforços em "iniciativas que possam ser implementadas com alguma brevidade e com os menores investimentos possíveis".

O conjunto de iniciativas para atender a mobilidade urbana e suas respectivas complicações é abordado de múltiplas maneiras e são propostas soluções heterogêneas, muitas vezes enfocando apenas parte do problema. Os principais desafios podem ser organizados em seis grupos temáticos: organizacionais; de infraestrutura; de tecnologia; ambientais; sociais; e territoriais.

O desafio organizacional está ligado diretamente com a gestão do trânsito e do transporte (WEGENER, 2010), que inclui: a intermodalidade (utilização e conexão de vários modos de transporte, como ônibus, metrô, trens, veículos particulares, bicicletas, veículos elétricos, etc.); o uso de ferramentas como centros de controle e monitoramento; o atendimento de emergências; e as ferramentas de manutenção, dentre outros recursos (MOORE; LARKINS, 1998).

Em relação à infraestrutura, podem ser propostos projetos de ampliação e projetos de melhoria, tais como espaços de estacionamento, estradas, ferrovias, ciclofaixas, faixas de ônibus, áreas de pedestres, terminais e outros tipos de infraestrutura urbana.

As questões tecnológicas estão interligadas com a infraestrutura em campo para coleta de dados e soluções de *software* que permitam o controle, o planejamento e o monitoramento multimodal, espacial e temporal.

Os desafios ambientais estão intimamente associados com questões econômicas, sociais e de segurança (como redução de energia, energia alternativa/renovável,

contaminação, etc.). O uso de combustíveis fósseis é, sem dúvida, um dos maiores contribuintes para a poluição do ar nas grandes cidades, o que se agrava com os congestionamentos. As respostas para as questões ambientais são procuradas no transporte alternativo (nos níveis organizacional e infraestrutural), nas energias renováveis e na mobilidade sustentável, entre outras possibilidades.

As questões sociais estão ligadas a problemas de participação e inclusão, que influenciam a qualidade de vida, mas também a outros aspectos da esfera pública, como segurança e acessibilidade, sendo também influenciadas por diferentes características regionais.

Para se construir uma política de mobilidade urbana, é preciso atentar para a distribuição territorial das atividades, sobretudo na sociedade contemporânea, marcada pelo desenvolvimento dos sistemas de transporte e comunicação conectados. Isso implica analisar como as cidades crescem e como ocorrem os deslocamentos das pessoas e das mercadorias nesse território.

Reside aí o motivo para a avaliação do cenário em curso, que ainda exige soluções mais eficazes apesar dos avanços conquistados, e para a proposição de um novo modelo de gestão, aderente aos conceitos de automação, às novas concepções tecnológicas e à realidade orçamentária, cultural e operacional das cidades brasileiras.

Dentre outros aspectos da atualização indispensável e constante dos gestores, surgem novos conceitos de transporte de média capacidade por ônibus em vias exclusivas, conhecidos pela sigla BRT (*Bus Rapid Transit*); novas tecnologias que permitiram a quebra de paradigmas em setores, a exemplo do aplicativo Uber; e inovações que prometem colocar de ponta-cabeça toda uma estrutura organizacional em operação, como os veículos autônomos.

São Paulo — tomando-se como exemplo a maior cidade da América do Sul e uma das cinco maiores do mundo — enfrenta problemas quando seus mais de 12 milhões de habitantes necessitam se locomover e mais que a metade desse número em carros.

Em uma primeira divisão, pode-se dizer que a mobilidade depende das estruturas físicas que compõem o transporte urbano, como ruas, carros, ônibus, caminhões, linhas de metrô e trem, calçadas, ciclovias, semáforos, sinalização de mensagem variável, placas, túneis e pontes, entre outras. Além disso, a mobilidade depende também de elementos imateriais que integram o transporte urbano: os dados obtidos pelas câmeras e radares; os sistemas que controlam os semáforos; e toda sorte de captação de dados e sistemas que dão suporte à mobilidade urbana.

A provisão de grandes obras de infraestrutura é cada vez mais difícil e onerosa, além de não ser imediata, pois, quanto maior for o impacto de sua construção, mais difícil serão sua ampliação e sua gestão. Pode-se concluir daí a impossibilidade de resolver estas dificuldades apenas investindo em infraestrutura, sendo necessário o uso da inteligência para o melhor aproveitamento da estrutura existente.

Essa é a razão da grande importância que os sistemas e a base imaterial do transporte público vêm tomando ao longo do tempo. Esse paradigma criou o termo Sistema de Transportes Inteligentes (em inglês, *Intelligent Transport System*, ITS), para "tornar a infraestrutura existente mais eficiente, inteligente, instrumentalizada e interligada" (DARIDO; PENA, 2012, p. 11). Para tanto, alude-se à necessidade de prever a demanda e alinhá-la aos recursos físicos disponíveis.

Assim, o ITS caracteriza-se pela aplicação de um conjunto de tecnologias em constante evolução a problemas comuns do trânsito e do transporte, como falta de informação e de planejamento, os congestionamentos, as contingências, tornando digitais as estruturas físicas. A experiência internacional demonstrou que a implantação de ITS é uma estratégia para otimizar os investimentos e que o planejamento adequado e a abordagem de engenharia são elementos importantes para uma execução rentável e sustentável (DARIDO; PENA, 2012, p. 12).

O ITS atualmente faz parte de um conceito maior, o de cidades inteligentes. A ideia de cidade inteligente "parte da perspectiva de que a tecnologia é fator indispensável para que as cidades possam se modernizar e oferecer melhor infraestrutura à população" (COSTA, 2014, p. 69).

A inteligência deste modelo é embasada no foco em tratamento e utilização de dados, não apenas para tomadas de decisão, mas também para acompanhamento,

compartilhamento, acessibilidade, adaptabilidade e racionalização na prestação de serviços e solução de problemas urbanos.

Na Figura 1 pode-se observar como o conceito de cidades inteligentes é abrangente, ou seja, envolve todas as dimensões da vida em sociedade, com destaque para a mobilidade urbana.

Figura 1 — Mecanismo das cidades inteligentes.

Fonte: Costa (2014, p. 70).

A definição de "cidades inteligentes" apresentada pelo IEEE *Smart Cities Initiative Working Group* é:

O conjunto de tecnologia, governo e sociedade que permitam a evolução para uma economia mais inteligente, uma mobilidade mais inteligente, um meio ambiente mais inteligente, pessoas mais inteligentes, uma subsistência mais inteligente e uma governança mais inteligente. (MELO, 2015, p. 21)

De acordo com o *Cities in Motion Index* (BERRONE et al., 2014), do IESE Business School na Espanha, nove dimensões indicam o nível de inteligência de uma cidade: governança, administração pública, planejamento urbano, tecnologia, meio ambiente, conexões internacionais, coesão social, capital humano e economia.

Importante observar e não seguir cegamente esses novos conceitos, às vezes produto de elaborado marketing que não pode ser levado ao pé da letra. Para os urbanistas holandeses Dassen e Hajer (2014) — que defendem o planejamento urbano inteligente —, a aceitação acrítica do conceito de cidade inteligente é resultado de esforços agressivos de empresas de tecnologia para vender suas soluções. Segundo esses autores, as cidades inteligentes muitas vezes são inabitáveis e desiguais; eles acreditam que a acessibilidade e algum grau de igualdade são precondições para a construção de uma cidade sustentável.

Em contraposição com os sistemas e cidades inteligentes, os sistemas tradicionais dependem mais de identificação de problemas, acompanhamento de variáveis e resolução feita por pessoas. O sistema, por si só, tem menor capacidade de se autorregular ou utilizar lógicas preestabelecidas para solucionar suas questões. Isso não significa que esses sistemas são simples ou ineficientes; muitos desses sistemas são bem complexos, mas têm pouca inteligência incorporada.

No ciclo de tecnologias emergentes (Figura 2) elaborado anualmente pela empresa de pesquisa Gartner (*GARTNER'S 2015 HYPE Cycle for Emerging Technologies...*, 2015), é possível observar diversas tecnologias relacionadas à internet das coisas (IoT) e ao desenvolvimento de cidades inteligentes.

Dentre as tecnologias que aparecem na Figura 2, destacam-se:

- plataforma de IoT, com expectativas ascendentes e prazo de desenvolvimento entre cinco e dez anos;
- dados dos cidadãos, com expectativas ascendentes e prazo de desenvolvimento entre dois e cinco anos;
- veículos autônomos, no auge das expectativas e prazo de desenvolvimento entre cinco e dez anos; e
- IoT, no auge das expectativas e prazo de desenvolvimento entre cinco e dez anos.

Em outras palavras, o conceito de cidades inteligentes a partir das soluções propostas baseadas em Internet das Coisas passou a caracterizar processos de inovação em âmbito mundial e a remodelar os conceitos de gestão existentes.

Como demonstram Zanella et al. (2014, p. 24-25), a implementação das tecnologias altamente integradas proposta por esses conceitos esbarra na falta de um padrão de comunicação e de uma arquitetura de serviços que permitam acesso harmônico às aplicações. Essa falta de padronização aumenta os desafios de uma gestão baseada em informação.

Figura 2 — Ciclo das tecnologias emergentes.

Fonte: GARTNER'S 2015 HYPE Cycle for Emerging Technologies... (2015).

Mediante a apresentação de um problema ou a proposição de uma melhoria, cabe ao gestor adotar um modelo para direcionar os processos de resolução. Enquanto muitos problemas podem ser corriqueiros e de solução direta, outros necessitam de maior profundidade de análise e estudo. Nesse momento, começa o processo de busca por soluções e alternativas.

Para que a resposta seja capaz de promover melhorias sustentáveis, tanto no quesito ambiental quanto na longevidade da solução, é essencial que esteja embasada em dados, informações e estudos que podem estar contidos em diferentes fontes. É importante, portanto, sua consolidação em um centro integrado. Esse centro, porém, não deve se limitar a auxiliar soluções apenas da área de mobilidade urbana, mas

precisa estar disponível para as outras esferas da gestão pública. Para ampliar o escopo de suas soluções, é interessante que esse centro também receba e integre dados de diferentes fontes, sejam públicas ou privadas.

A viabilização de serviços baseados em princípios de interconectividade de gestão e serviços de inteligência disseminados enfrentam desafios que limitam sua execução. Segundo Piro et al. (2014), existem seis tipos principais de dificuldades: falta de disponibilidade de serviço; dependência de localização; segurança no envio de conteúdo; garantia de acesso remoto ininterrupto; escalabilidade limitada por serviços de dados; e serviços que requerem tolerância a falha.

Outra dificuldade apontada em uma análise de parcerias público-privadas (PPPs) é a legislação referente ao compartilhamento de informações e propriedade intelectual, agravada por PPPs que foram desenvolvidas sem levar essa questão em conta (anteriormente, as informações e dados pertenciam ao setor público), algo essencial para a grande inovação de serviços e o alto nível de integração esperados nesse novo paradigma de cidade (URAÍÁ WORKSHOP, 2015). Essas dificuldades demonstram o quanto são morosas a adoção de novas tecnologias e a integração de dados entre diversos sistemas.

Considerando as interconexões entre as diferentes esferas de gestão urbana, o papel essencial da obtenção e do tratamento de informações em tomadas de decisão e as implantações de programas eficientes para enfrentar os desafios de grandes centros urbanos, em especial a mobilidade, esta tese desenvolve uma proposta de um modelo de gestão de centro integrado para promover o aumento da receptividade de dados externos, além da ampliação do escopo de captura e utilização de dados para que esses não fiquem restritos ao setor que os coleta, quando podem beneficiar diversas áreas.

Estendendo esse conceito de disseminação e coleta expandida, dados provenientes da iniciativa privada, incorporados àqueles coletados pelo setor público, ou disponibilizados por outras fontes — como, por exemplo, usuários finais e organizações não governamentais (ONGs) — poderiam ser utilizados, respeitando sua classificação de confidencialidade, para gerar valor para os cidadãos, através da sua liberação para consulta civil, para setores comerciais, industriais e de serviços.

No entanto, enquanto um esforço localizado e pontual para aumentar a disponibilidade de fontes de informações tem valor significativo, a implantação de processos que permitam a busca e a incorporação constante de novas fontes, com sua respectiva validação, tratamento e distribuição, contribuiria com a manutenção de uma base sólida de dados para a gestão e o desenvolvimento de serviços urbanos mais inteligentes.

Levando-se em conta a multidisciplinaridade da coleta de informações e especialmente pensando no contexto do grande volume de informações a serem coletados, cabe o uso de um conceito interdepartamental de centro integrado que possibilitasse a coleta e a distribuição de informações com menor influência de possíveis silos departamentais.

O objetivo desta tese, nessas condições, é propor um modelo de gestão para automação de centros integrados aderentes às realidades de custo, disponibilidade tecnológica, cultura organizacional e estratégias políticas de cidades com características semelhantes aos grandes e médios municípios do Brasil. Tal modelo permite, dentre outras contribuições, promover melhorias nas tomadas de decisão por gestores da área de mobilidade urbana por meio da incorporação e da liberação de dados e informações dentro de um modelo de gestão que visa facilitar as parcerias e a comunicação entre diferentes setores.

A experiência de trabalho e pesquisa expressa nesta tese contribui ainda com a compreensão da importância do uso de informações provenientes de fontes altamente diversificadas, a aplicação dos processos propostos para melhor uso de dados e informações e a exemplificação dos conceitos baseados em casos reais de aplicação.

A pesquisa teve início com a observação de pontos passíveis de melhoria no período de trabalho à frente da Secretaria de Transportes na Prefeitura de São Paulo, que motivou a busca de um modelo mais eficiente de gestão, com a proposta de aplicação em outros centros integrados de mobilidade urbana.

Em busca desta solução, o autor visitou várias cidades, no Brasil e em outros países, incluindo Madri, Londres e Cingapura, para conhecer o funcionamento dos diversos modelos de gestão de mobilidade urbana e as soluções que tiveram bom resultado.

O modelo se concretiza na prática com o desenvolvimento de processos de gestão e exemplos de aplicação, baseados nas experiências obtidas na cidade de São Paulo, em visitas técnicas às cidades com soluções diferenciadas em mobilidade urbana e nos estudos da literatura relacionada ao tema. Esses processos tratam da necessidade, da obtenção, da utilização e da liberação de informações para governança e automação de centros integrados, de forma a criar uma rede de valor que inclua tanto cooperação entre órgãos da esfera pública como parceiros da iniciativa privada e outras organizações.

Os casos descritos são baseados em ações implementadas na cidade de São Paulo, discriminando as informações utilizadas, sua relação com os processos propostos e seus resultados para os envolvidos.

Esta tese é composta de sete capítulos. No primeiro, a “Introdução”, expõe-se um panorama da mobilidade urbana, dos sistemas de transportes inteligentes e do uso de informações para serviços inteligentes de gestão. No capítulo “Cenário Nacional e Internacional” são relatados os estudos feitos em cinco cidades do Brasil, bem como o estudo de centros integrados em cidades de países visitados. O capítulo “Fundamentos Teórico-metodológicos do Modelo Para Centros Integrados” faz um levantamento de tecnologias e conceitos necessários ao desenvolvimento do modelo de gestão, com a intenção de identificar se a proposta desta tese conflita com algum tipo de implementação ou estudo que está em andamento, ou que foi concluído, além de proporcionar base teórica para o desenvolvimento. O capítulo “Gestão e Modelagem por Processo de Negócio” apresenta o detalhamento do modelo de gestão como ferramenta para o desenvolvimento dos temas tratados nos capítulos seguintes. No capítulo “Arquitetura do Modelo de Gestão para Centros Integrados” é feito o detalhamento do modelo de gestão com os passos para aquisição, operação e acompanhamento de métricas das informações. O capítulo “Aplicação em Mobilidade Urbana” descreve a implantação do novo conceito, com os resultados práticos obtidos. Por fim, formulam-se conclusões correspondentes aos objetivos do trabalho, os benefícios da solução e apontamentos para possíveis trabalhos futuros com base no modelo proposto.

2 CENÁRIO NACIONAL E INTERNACIONAL

Para a formulação do modelo de gestão de centros integrados, é apresentada neste capítulo uma visão de iniciativas desenvolvidas no país e no exterior. Na representação do cenário nacional, foram selecionadas e visitadas as cinco cidades brasileiras mais populosas. As cidades no exterior foram escolhidas com base nas medidas que adotaram para promover melhorias com o uso de informações.

Tomando como exemplos cidades da América, da Europa e da Ásia, de maneira distinta, todas enfrentam o mesmo tipo de problema em relação à gestão de transporte, mas em proporções diferentes, com avanços maiores já realizados em algumas e graves problemas em outras, como no caso de São Paulo. A Tabela 1 apresenta uma lista de cidades com sua respectiva população, área e frota veicular.

Com base na Tabela 1 e com a expectativa de que se pode aproveitar das soluções e erros cometidos relacionados a mobilidade e gestão urbana, serão detalhados, nos próximos itens, as características de algumas cidades brasileiras — São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Brasília e Fortaleza —, assim como de cidades estrangeiras — Madri, Londres, Cingapura, Washington, D.C. e Boston.

Tabela 1 — População, área e frota veicular em cidades selecionadas.

Cidade	População (milhões)	Área (1.000 km²)	Frota veicular (milhões)
Barcelona	3,239	0,587	0,968
Beijing	20,186	16,411	4,983
Berlin	3,502	0,892	1,305
Boston	0,667	0,212	
Guangzhou	12,751	7,434	2,325
Hong Kong	7,184	1,104	0,653
Londres	8,302	1,572	2,934
Madri	3,249	0,604	1,687
Nova York	8,337	0,790	1,978
Seoul	10,442	605	3,414
Cingapura	5,312	0,716	0,970
Sydney	4,667	12,368	2,626
Tóquio	13,277	2,189	2,117
Viena	1,757	0,415	0,838
Washington, D.C.	3,720	2,460	3,800
São Paulo	20,935	7,944	8,100
Rio de Janeiro	6,453	4,539	2,704
Salvador	2,938	0,693	0,873
Brasília	2,852	5,801	1,675
Fortaleza	2,609	0,314	0,924

Fonte: Detran (2015); Halsey (2011); IBGE (2014); *Key Transport Statistics...* (2012).

É importante registrar que, nas cidades visitadas para a pesquisa, um ponto comum é a existência, entre outros, de diversos sistemas, equipamentos e fornecedores de ITS para a gestão do trânsito e do transporte público, tais como:

- sistema de controle semafórico;
- serviços de informação do viajante;
- painéis eletrônicos em vias;
- pagamento eletrônico de tarifas;
- monitoramento de ônibus em tempo real;
- radares para controle de velocidades e rodízio.

Cada um desses sistemas foi concebido para atender especificamente a um objetivo, solucionando as dificuldades encontradas no cotidiano da operação dos técnicos e na gestão.

Segundo o *Centro de Innovación y Gestión del Transporte Público* (CITRAM), de Madri, em uma análise de países da União Europeia, pouco mais da metade dos países (53%) possuem um centro de gestão multimodal. Dos que possuem um centro integrado, somente um terço (18% do total) integra todos os modais de transporte e utiliza as informações para a tomada de decisão, sendo que menos de um quarto (12% do total) disponibiliza a informação aos usuários dos serviços.

2.1 BRASIL

Os sistemas de mobilidade urbana no Brasil ainda não contam com uma estratégia nacional de desenvolvimento da mesma forma que em regiões mais desenvolvidas no uso de ITS, como Japão, Coréia do Sul, Cingapura, Estados Unidos e alguns países da Europa. Para caracterizar as iniciativas de mobilidade urbana no país, foram estudados os sistemas de transporte das cidades brasileiras mais populosas.

2.1.1 São Paulo

No decorrer dos anos, as diferentes tecnologias utilizadas no transporte público e no monitoramento do trânsito na cidade de São Paulo resultaram na produção de um modelo defasado, tanto pela impossibilidade de intercomunicação entre sistemas

como pela falta de compatibilidade com os componentes mais avançados presentes no mercado, necessitando inevitavelmente de análises e novas soluções integradas.

Uma das características que contribui para a complexidade da gestão de mobilidade urbana em São Paulo é a divisão existente entre a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET) e a São Paulo Transporte S. A. (SPTrans). A CET é responsável pela gestão das vias, enquanto a SPTrans é responsável pela gestão do transporte público sobre pneus. Uma vez que ambas têm ingerência sobre a operação das vias, a necessidade de troca de informações e coordenação de ações entre essas organizações é intensa, sendo também necessário que a adoção de novos sistemas atenda às duas instituições. Uma plataforma que agregasse informações tanto da CET quanto da SPTrans seria uma contribuição significativa.

Outro aspecto que demonstra essa situação de gestão não compartilhada entre as duas empresas vinculadas à Secretaria Municipal de Transportes (SMT) é a existência de dois centros de controle operacional separados e não integrados. A Central da CET opera exclusivamente para visualizar e atuar operacionalmente sobre o trânsito da cidade, ao passo que, desconectada, em outra região do município, a Central da SPTrans cuida somente da frota de ônibus sob sua responsabilidade.

O sistema inteligente de semáforos paulistanos, por exemplo, foi implementado em meados da década de 1990 e já naquela época era capaz de contar, segundo a segundo, a quantidade de carros que chegavam a um cruzamento. A Tabela 2 apresenta dados referentes ao crescimento populacional da cidade e ao crescimento do número de semáforos.

Tabela 2 — Evolução da população, do número de semáforos e da frota veicular, São Paulo, 1978, 1999 e 2015.

Ano	População	Semáforos	Frota veicular	Taxa de motorização (por 1.000 habitantes)	Relação veículos/semáforo
1978	7.987.768	2.050	1.396.000	175	681
1999	9.900.000	4.590	4.811.000	485	1.045
2015	11.967.825	6.318	7.590.000	634	1.201

A contagem é realizada por sensores embutidos no pavimento e ligados a um equipamento instalado ao longo da via, denominado controlador semaforico. Em tempo real, por meio de uma conexão bidirecional baseada em fios de cobre, análoga

à telefonia convencional, o controlador envia os dados à central semafórica, a qual, por sua vez, calcula o tempo de ciclo do semáforo e devolve o resultado do cálculo ao controlador para acionamento das lâmpadas indicativas de movimento (de cores verde, amarelo ou vermelho). Caso a conexão seja interrompida por qualquer motivo, o controlador é capaz de continuar operando o semáforo baseado em tempos-padrão, pré-especificados em sua configuração.

À época de sua implantação, outras instalações de ITS eram isoladas, sem comunicação; havia necessidade do deslocamento de um técnico para coletar os dados armazenados localmente e depois transferi-los para os sistemas centrais de armazenamento e processamento. Esse era o caso dos radares fotográficos de fiscalização de velocidade e rodízio, por exemplo.

Os técnicos precisavam se deslocar periodicamente a cada ponto instalado na cidade, para copiar os dados armazenados e em seguida levá-los ao responsável pelo processamento das multas.

Certas instalações, como no caso dos sensores de altura para evitar colisão de veículos altos com viadutos e dos semáforos tradicionais (chamados "de tempo fixo"), nem sequer armazenavam dados. Eram sistemas completamente isolados que só recebiam a visita de técnicos quando apresentavam problemas.

Desde a década de 1950, o sistema paulistano de gerenciamento da operação de ônibus funcionava por meio de contratos emergenciais. Somente a partir de 2003 os serviços foram licitados e passaram a ter contratos de concessão de maior prazo, e só então foram instalados sensores de *Global Positioning System* (GPS) que coletam as posições geográficas do veículo durante seu deslocamento e as transmitem a um sistema central para processamento. Os dados são transportados de forma padronizada (protocolo de comunicação) por todos os fornecedores que disponibilizam a tecnologia e a transmissão se dá por redes de dados celulares baseadas na tecnologia *Global System for Mobile Communications* (GSMC).

O processamento dos dados permite aos gestores públicos verificar se os operadores dos veículos estão cumprindo os contratos previamente estabelecidos, além de receber alertas padronizados dos motoristas, caso enfrentem alguma dificuldade na rota.

2.1.2 Rio de Janeiro

O município do Rio de Janeiro tem 54% da população na região metropolitana do Estado. Assim como São Paulo, a segunda maior cidade brasileira nunca teve, em seus sistemas de transporte, integração abrangente e de qualidade nos vários modais. O Rio de Janeiro é umas das grandes cidades do país em que a maioria significativa de deslocamentos sempre foi feita por transporte coletivo. Com os investimentos em função da Copa do Mundo de futebol e das Olimpíadas, essa participação aumentou.

O Rio de Janeiro apresenta um sistema de transporte público cujo principal equipamento são as linhas de ônibus. A cidade de mais de 6,4 milhões de habitantes (IBGE, 2014) conta também com duas linhas de metrô, uma linha de veículos leve sobre trilhos, inaugurada em junho de 2016, e ciclovias. Além disso, o controle semaforico da cidade já tem elementos com atuação em tempo real.

A cidade inaugurou seu Centro de Operações da Prefeitura do Rio (COR) no final de 2010.¹ Com o intuito de monitorar a cidade 24 horas por dia, o COR integra 30 órgãos, contando com cerca de 400 profissionais, com o objetivo de gerenciar situações de crise, seja antecipando os acontecimentos, seja dando uma pronta resposta. O conceito do Centro foi integrar informações em tempo real de diversas fontes, como das concessionárias e dos órgãos públicos, com a captação das imagens de 560 câmeras instaladas na cidade.

Essa iniciativa é das melhores no contexto nacional e pode-se notar seu grande potencial para promover melhorias no setor de mobilidade e integração com outros setores da gestão urbana. Está, no entanto, ainda longe de atender a uma proposta de centro integrado com protocolos abertos e recepção a dados e algoritmos externos.

Segundo Junqueira (2014, p. 79), atual chefe executivo de Operações no COR, trata-se de "um órgão de coordenação operacional e integração de diversos serviços na cidade – uma verdadeira 'caixa de ferramentas' para a gestão pública municipal". Uma das iniciativas que se destacam é a Open Data, cuja proposta é disponibilizar os dados integrados pelo COR para usuários que tenham interesse em desenvolver aplicações e produtos.

---

¹ Sobre o Centro de Operações Rio, cf. <http://centrodeoperacoes.rio/institucional>.

Outra iniciativa da Prefeitura carioca foi firmar parceria com o aplicativo Waze, o qual disponibiliza informações como o cálculo de trajetórias e velocidades médias por meio de GPS e com interação do usuário.

A Prefeitura do Rio promoveu também a Rio apps, ambiente em que se disponibiliza dados a desenvolvedores para produção de aplicativos para diversos serviços da cidade, avaliação de áreas do município e proposta de novas ideias de mobilidade urbana para os cidadãos, favorecendo o objetivo deste trabalho.

2.1.3 Salvador

Salvador, capital do estado da Bahia, tem uma população de mais de 2,9 milhões de habitantes. Suas operações na área de transporte são regidas pela Superintendência de Trânsito de Salvador (TRANSALVADOR), subordinada à Secretaria de Mobilidade criada em 2014, sucessora da Secretaria Municipal de Urbanismo e Transporte. Além desse órgão, há também a atuação da Companhia de Transportes de Salvador, uma empresa estatal que gerencia o sistema metroviário na cidade.

À disposição da gestão de mobilidade, a cidade conta com um sistema de metrô, ainda na primeira linha, e transporte coletivo rodoviário, além de uma ciclovia em instalação, da qual apenas pequena parcela está concluída. Na área de transportes públicos, está sendo implementada a integração do metrô com o sistema de ônibus. Em termos de tecnologia, a cidade apresenta fiscalização eletrônica e prevê-se no futuro a instalação de semáforos inteligentes. Em outubro de 2015, Salvador inaugurou um centro de monitoramento de vias públicas com funcionamento 24h, com um total de 150 câmeras (MOTA, 2015).

De maneira geral, existem projetos que podem melhorar significativamente a mobilidade em Salvador, mas a cidade está tentando alcançar o nível das mais desenvolvidas do país em termos de mobilidade urbana e ainda tem uma quantidade expressiva de medidas por implementar.

Segundo um levantamento feito pela empresa holandesa TomTom, produtora de equipamentos de GPS e navegação,² Salvador tem o sétimo pior trânsito do mundo e está apenas atrás do Rio de Janeiro, entre as cidades brasileiras.

Salvador ainda necessita de investimentos para ampliar sua disponibilidade de transportes públicos. Em termos de inovações no uso de informação e dados, a cidade está se desenvolvendo em ritmo acelerado para alcançar as mais avançadas do país e pode se beneficiar das experiências dessas.

2.1.4 Brasília

A quarta maior cidade brasileira, com mais de 2,8 milhões de habitantes (IBGE, 2014) e capital nacional, Brasília possui um sistema de mobilidade urbana que conta com metrô, ônibus, ciclovias e vias terrestres planejadas e um sistema de veículo leve sobre trilhos (VLT), atualmente em fase de implantação.

Os órgãos vinculados à gestão de mobilidade urbana são a Secretaria do Estado de Mobilidade do Distrito Federal (SEMOB), o Departamento de Estradas de Rodagem do Distrito Federal (DER/DF), a autarquia Transporte Urbano do Distrito Federal (DFTRANS), a Companhia do Metropolitano do Distrito Federal (Metrô-DF) e a Sociedade de Transportes Coletivos de Brasília Ltda. (TCB). A SEMOB é responsável pela coordenação e pelas diretrizes das políticas de mobilidade; o DER, pelas estradas de rodagem; o DFTRANS gerencia os modais coletivos de transporte e comunica-se diretamente com o Metrô-DF e a TCB, a qual, por sua vez, lida com os prestadores de serviço de transporte público no município. Assim como em São Paulo, no Rio de Janeiro e em Salvador, em Brasília os órgãos agem sem integração organizacional ou tecnológica.

Em sua análise sobre os possíveis caminhos para a mobilidade urbana sustentável, considerando as cidades de São Paulo, Curitiba e Brasília, Costa e Silva (2013) utilizaram o índice de mobilidade urbana sustentável (IMUS) para medir os resultados de cada cidade, ficando a cidade de Brasília na última posição. Esse índice leva em conta um conjunto de setenta variáveis pontuadas de 0 a 1 (de forma similar ao índice de desenvolvimento humano, IDH), sendo 1 o melhor resultado. Ainda segundo esses

---

² Ver https://www.tomtom.com/en_us/trafficindex/list.

autores, Brasília apresenta problemas consideráveis quanto aos índices relativos a transporte público para pessoas com necessidades especiais, travessias adaptadas, fragmentação urbana, uso de energia limpa e combustíveis alternativos, ações para redução do tráfego motorizado, vias com calçadas, vias para pedestres, estacionamento para bicicletas, extensão de ciclovias, vias para transporte coletivo e distribuição de recursos (motorizados *versus* não motorizados), dentre outros.

Nesses itens, os índices ficaram abaixo de 33%, sendo considerados pelos autores como ameaças à sustentabilidade urbana. Entre as três cidades analisadas, Brasília foi a única a ter um índice resultante abaixo de 50%, com um resultado de 0,46. Segundo um levantamento feito pela empresa TomTom, os motoristas de Brasília enfrentam um excedente de 19% nos tempos de viagem devido a congestionamentos, ocupando a sétima posição de pior tráfego no Brasil (MEASURING CONGESTION WORLDWIDE, 2015).

Atualmente, a cidade trabalha com projetos que incluem terminais de integração, expansão de linhas e veículos coletivos, implantação de estacionamentos de bicicletas nas estações de metrô, construção de um centro de controle operacional, instalação de GPS nos ônibus e expansão viária.

Esses desenvolvimentos recentes, apesar das dificuldades presentes na mobilidade urbana da cidade, estão de acordo com as políticas mais modernas com relação a sistemas de transporte inteligentes. Como no caso das outras cidades brasileiras, ainda são necessários investimentos em modais de transporte público e para a gestão integrada das diferentes áreas.

2.1.5 Fortaleza

Com mais de 2,5 milhões de habitantes (IBGE, 2014), a capital do estado do Ceará é a quinta mais populosa do país. A cidade conta com cinco linhas de metrô, serviços de ônibus e mototáxis.

O gerenciamento e as diretrizes de mobilidade urbana são realizados pela Secretaria Municipal de Planejamento do Orçamento, juntamente com a Autarquia Municipal de Trânsito e Cidadania (AMC). Os modais públicos de transporte são de

responsabilidade da Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (ETUFor), tanto em relação à fiscalização quanto ao controle e expansão.

Para Maia (2013), utilizando também o índice de mobilidade urbana sustentável para caracterizar os problemas presentes em Fortaleza, pesquisa similar à da TomTom no caso de Brasília, o índice da cidade, em 1992, estava entre 0,221 e 0,366, com valor médio de 0,310. Essa variação presente em todos os anos é devida às dificuldades na aquisição de dados. No ano 2000, o índice assume valor central de 0,338, indo para 0,463 em 2010 e 0,612 em 2014 (Figura 3).

Figura 3 — Índice de Mobilidade Urbana Sustentável, Fortaleza, 1992-2014.

Fonte: Maia (2013).

No ano de 2014, Fortaleza mostra, como elementos críticos de sustentabilidade na mobilidade urbana: extensão da rede de transporte público, índice de passageiros por quilômetro e tarifas de transporte. Um dos principais problemas levantados é a falta de integração intermodal. O estudo citado também apresenta o cálculo do índice para a cidade e sua região metropolitana, levando a um resultado pior, 0,4998 (MAIA,

2013). A evolução dos índices anteriores a 2014 exhibe avanços significativos na situação da mobilidade da cidade, como pode ser observado na Figura 3.

Mesmo com esses avanços, a cidade tem atualmente um dos maiores volumes de congestionamento do país, ficando em quarto lugar quanto ao tempo excedente de viagem no Brasil e em quadragésimo primeiro no mundo, com um tempo adicional de viagem devido a congestionamentos da ordem de 33%. Em relação a 2014, a cidade apresentou uma melhoria de 2% (*MEASURING CONGESTION WORLDWIDE*, 2015).

Em termos de inovação, a prefeitura está lançando um novo projeto de mobilidade, por intermédio do sistema VAMOS de aluguel urbano de carros elétricos, com estações de retirada e devolução operadas pelo usuário. Essa iniciativa de compartilhamento de veículos de forma estatizada é pioneira no Brasil. Apesar de não ter gestão e processos integrados por meio de um centro de controle, esse empreendimento serve como exemplo de inovação em termos nacionais, efetivando uma solução presente em cidades desenvolvidas, em termos de mobilidade, na realidade local.

2.2 CASOS INTERNACIONAIS

Em nível internacional, existem diversas iniciativas e realidades que concernem à mobilidade urbana. Embora alguns desafios sejam distintos, devido a características locais, existe uma vasta área comum, o que torna possível a comparação de diferentes práticas. Este item da pesquisa fornece uma visão geral do estado de diferentes cidades, focalizando iniciativas que possam contribuir com o objeto de estudo. As cidades do exterior visitadas exibem iniciativas diferenciadas na área de mobilidade urbana, de uso de conceitos de sistemas de transportes inteligentes e/ou de uso inovador de informações para promover melhorias.

Uma análise relevante para a discussão da situação internacional de mobilidade é proposta por Van Audenhoove et al. (2013). No artigo "*Future of Urban Mobility 2.0*", os autores analisam o estado atual de desenvolvimento da mobilidade urbana, apresentado na Figura 4, e consideram quesitos como gasto de tempo, sustentabilidade, emissão de poluentes e acessibilidade, entre outros.

A Figura 4 representa o desempenho de cada cidade de acordo com um conjunto de dezenove critérios utilizados para determinar a eficiência e a maturidade. As cidades representadas por pontos vermelhos, no lado esquerdo do gráfico, apresentam os piores índices; as representadas em amarelo (ao centro) obtiveram resultados próximos à média; as do lado direito, resultados acima da média.

É interessante notar nesse gráfico que, apesar da liderança de Hong Kong, apenas duas das cidades descritas como "acima da média" estão fora da Europa Ocidental. Mesmo nas nações desenvolvidas das Américas, nenhuma das cidades se encaixa nessa categoria: esses países contam com cidades em pior situação. Como se nota, o pior desempenho, na média, fica com cidades da África e do Oriente Médio.

Figura 4 — Índice de Mobilidade Urbana em cidades selecionadas.

Fonte: Van Audenhoove et al. (2013).

2.2.1 Madri

Com o intuito de verificar as melhorias na mobilidade urbana de Madri, visitou-se o já mencionado CITRAM, que integra todos os modais, gera informações para os usuários dos serviços e também auxilia na tomada de decisão dos gestores. Tem como princípios: 1) a mobilidade a serviço do cidadão; 2) o enfoque no sistema de transporte integrado; 3) as decisões em nível estratégico e tático; 4) as ações para a

gestão da informação. Seus objetivos são: 1) a coordenação entre todos os modais de transporte público, com especial atenção aos casos de acidentes e grandes eventos; 2) o fornecimento da informação em tempo real aos agentes do transporte público; 3) a integração tecnológica e gestão da informação como suporte para a tomada de decisões; 4) o monitoramento contínuo do sistema de transporte público; e 5) a participação em projetos internacionais de vanguarda.

O CITRAM integra os outros sistemas de controle, como operadores de transporte público (EMT; METRO; RENFE CERCANÍAS, sistemas de ônibus interurbanos e "*intercambiadores*") e outras instituições (DGT; Prefeitura de Madrid e centrais de emergência). Sua estrutura física ocupa 600 m², compreendendo sala de controle, auditório e espaços auxiliares, com salas de reunião e salas de crise, entre outras instalações.

A partir da integração dos sistemas, o CITRAM fornece diversas ferramentas aos gestores para tomada de decisão e informações aos usuários. Dentre esses recursos, destacam-se o Supervisor Gráfico (SGRAF), para localização de veículos em tempo real, georreferenciamento de instalações e representação gráfica de incidências; o Supervisor Intermodal, responsável pela integração de sistemas, supervisão simultânea de centros intermodais e de vídeo embarcado; o Gestor de Incidência (GEIS), que gera informações de problemas no serviço e é gestor de queixas e sugestões; o *Sistema de Gestión Intercambiadores* (SGI), para verificação do estado das instalações em tempo real e monitoramento de tráfego e ocupação da plataforma; a *Información al Usuario* (SGIP), para gestão de painéis de todo o sistema e para gerar informações multimodais aos usuários; e a *Gestión de la Seguridad* (GES), para a gestão automática de alarmes e maior segurança para os clientes e condutores.

O parque semafórico de Madri, com 2.123 controladores de tráfego, foi objeto de contratação de operação e manutenção do sistema como um todo, desde a operação do centro de controle até a manutenção dos equipamentos.

Devido ao sucesso desse modelo, o CITRAM afirma que, desde o início de sua operação, já foi visitado por mais de cem comitivas internacionais para troca de experiências em mobilidade urbana.

Essa estrutura fornece elevado nível de coordenação e uso de informações, o que faz com que se crie uma cultura de decisões mais embasadas e bem justificadas. É possível notar, embora em diferentes escalas, os altos níveis de infraestrutura disponíveis para os gestores, que, comparados com a realidade paulistana e aos objetivos desta tese, ajudaram a orientar as melhorias a serem realizadas nos espaços de gestão das cidades do Brasil.

Segundo seus dados, o CITRAM tem acesso a mais de 20 mil câmeras, disponibiliza mais de seis mil painéis de acesso ao usuário e rastreia mais de cinco mil veículos.

2.2.2 Londres

O *Transportation for London* (TfL) é uma estrutura criada em 1999 e ligada à Prefeitura de Londres, com o objetivo de promover e encorajar uma infraestrutura de transporte mais segura, integrada, eficiente e econômica para a cidade. Está dividido em três unidades: transporte de superfície (ônibus, bicicletas, ruas, táxis, etc.); trilhos e transporte subterrâneo (trem, metrô, bonde, teleférico, etc.); e *Crossrail*, em *joint venture* com o Department for Transport para a construção de um novo trem.

O TfL coleta e armazena dados em todos os meios de transportes. Coleta dados, por exemplo, de cerca de 8 milhões de viagens por dia através dos cartões de Radio-Frequency Identification (RFID, "identificação em frequência de rádio") dos passageiros, além de dados de GPS, para monitorar ônibus (localização, duração da viagem, qualidade da condução e horários de partida e chegada). Além disso, o TfL disponibiliza os dados coletados para os desenvolvedores de aplicativos, incentivando o uso criativo dos mesmos.

Londres tem aproximadamente 6.200 cruzamentos com semáforos, e contratou em outubro de 2014 a operação e a manutenção do sistema de controle de tráfego, dividindo a cidade em cinco regiões (lotes). Os serviços contratados incluem a modernização dos sistemas existentes, com ampliação da área controlada com o sistema em tempo real SCOOT. Como referência para indicador de desempenho dos equipamentos, os serviços de manutenção devem atender o índice de disponibilidade de 99,1% dos equipamentos em perfeito funcionamento em cada período de operação (CUBIC (ITMS) WINS..., 2013; *TRAFFIC CONTROL EQUIPMENT...*, 2014; TFL, 2014).

Outra inovação exemplar, tanto em termos de uso de informação como de parcerias com o setor privado, Londres está implantando um sistema de estacionamento pago digitalmente, que pode reembolsar o motorista quando este faz compras próximo ao local do estacionamento (RIGBY, 2016). Essa inovação é baseada em parcerias, tanto para o desenvolvimento dos aplicativos, como com os proprietários de estabelecimentos comerciais das regiões tarifadas participantes dessa iniciativa.

A visita aos sistemas de controle de Londres evidencia de forma positiva a capacidade de monitoramento por vídeo da cidade (o que demonstra a grande preocupação com a segurança), sua rede de transporte público, sua extensa rede de controle semaforico, a penetração dos *oyster cards* (similares ao cartão do Bilhete Único de São Paulo), utilizado em mais de 80% dos pagamentos, e o número de campanhas de conscientização e medidas administrativas que o TfL implementa. Assim como São Paulo, Londres encontra dificuldades para disponibilização e controle de vagas de estacionamento, havendo a preocupação com melhorias nesse quesito, incluindo estímulos ao uso de transportes públicos. Nota-se de forma clara os benefícios de um sistema integrado de informações.

2.2.3 Cingapura

Localizada em uma ilha ao sul da Malásia, Cingapura serve de entreposto comercial, em especial entre Europa e Ásia. Com alta densidade demográfica e elevados níveis de industrialização, com ênfase nos setores náutico e petrolífero, o país superou grandes desafios na área de mobilidade urbana, sendo um caso de sucesso em muitas frentes de atuação.

O desafio de Cingapura é especialmente complicado devido à desproporcional densidade urbana e à consequente falta de espaço. Nas explanações e cadernos recebidos na visita, apontou-se ser esperado um aumento de 8,9 milhões de jornadas diárias para 14,3 milhões em 2020, sendo um total de 12% da área da cidade já ocupada pelas rodovias e infraestrutura de mobilidade (*CITY CLIMATE LEADERSHIP...*, 2013).

Algumas das ações de mobilidade de destaque são: pedágio urbano (Cingapura foi a primeira cidade no mundo a implantá-lo); transporte público gratuito antes do horário de pico da manhã; um sistema de cotas para veículos com alto custo para o

proprietário; avançado sistema de transporte público; sistemas de painéis que informam o usuário sobre congestionamentos e acidentes; e sistemas de estacionamentos que promovem a variação de preços de acordo com a demanda. As informações coletadas são consolidadas em um centro de controle de operações e disponibilizadas para o público em tempo real. Essas ações tornaram Cingapura uma das grandes cidades do mundo com o menor grau de congestionamento em suas vias principais, com uma velocidade média de 27 km/h.

O tratamento das informações relativas à cobrança eletrônica de pedágio trouxe melhorias bem interessantes, além de permitir uma cobrança mais compatível do uso das vias pelos motoristas alterando as tarifas conforme a demanda. Atualmente, Cingapura pretende atualizar esse sistema, para que a cobrança seja feita pela utilização direta das vias, através de coordenadas de GPS, usando ainda essa informação para obter, analisar e disseminar estatísticas de tráfego em tempo real para seus motoristas.

É interessante observar a evolução do ITS em Cingapura e seu atual estágio. Durante os anos de 1995 e 2001, o país investiu em iniciativas de ITS, visando à eficiência das operações. Em um segundo período, entre 2002 e 2007, o foco passou ao compartilhamento de informação, sendo realizado um estudo da arquitetura unificada de ITS. No período seguinte, 2008-2010, adicionou-se valor ao ITS, ao integrar os serviços, gerando soluções telemáticas para a indústria automotiva. Por fim, de 2011 até o momento, concentrou-se a atenção nos transportes urbanos ambientalmente amigáveis.

Assim, Cingapura já conta com um Sistema Central de Controle e Gerenciamento do Tráfego, integrando diversos sistemas, como controladores semaforicos, de detecção de acidentes e vigilância do trânsito. Com essa arquitetura centralizada, o Sistema Central pode enviar e disseminar informações aos usuários, utilizando, por exemplo, painéis eletrônicos.

Além disso, Cingapura conta com: um subsistema de controle dos cruzamentos de trânsito (a partir de sistemas SCATS e SCOOTs), em interface com o ITransport; um subsistema de CCTV, com a devida integração dos sistemas de diversos fabricantes; um subsistema de mensagens visuais para os painéis instalados ao longo da

infraestrutura; um subsistema de captação de dados sobre o trânsito, com uso de vídeo, radar, laser, laço, etc.; um subsistema de detecção interna de acidentes de área ampla com tecnologia patenteada; e um subsistema de reconhecimento de placas dos automóveis.

A *Singapore Land Transport Authority* (LTA), que planeja e gerencia os sistemas de transporte, rodovias e instalações similares, criou uma grande *data warehouse* juntamente com parceiros privados, chamada *Planet*. Essa estrutura de banco de dados recebe dados transacionais que permitem aos usuários: formular, validar e refinar políticas de transporte por vias terrestres; localizar estruturas de transporte; otimizar operações; e dar suporte às métricas do *framework* estabelecido pela LTA. Com essa estrutura, a cidade possui um método mais integrado para lidar com informações de diferentes modalidades (AOUN, s/d).

Esse interesse no desenvolvimento de iniciativas inteligentes de transportes foi recompensado diversas vezes. Em 2013, a cidade foi premiada com o *C40 & Siemens Climate Leadership Awards' Intelligent City*, na categoria de sistemas de transporte inteligente. Citadas como iniciativas que justificaram a escolha estão o primeiro sistema mundial de cobrança de pedágios eletrônicos, a coleta de informação de tráfego por taxis dotados de GPS e o sistema de transporte público altamente integrado. É notável a participação do uso de informações para a realização das três iniciativas, seja a estrutura de sensores e informática para a implantação no sistema de pedágio, seja a colaboração com os taxis urbanos para coleta de dados de tráfego ou a troca eficiente de informações, seja o planejamento necessário para integração intermodal na cidade.

A visita ao centro de operação de Cingapura permite uma experiência diferenciada. Mesmo quando se conhece a reputação de inovação e qualidade na gestão urbana, o comprometimento dos colaboradores com o planejamento e os resultados efetivos, a infraestrutura disponível para gestão e os diversos modos de atuar diretamente nas vias e sistemas de transporte surpreendem. Outro elemento de destaque em Cingapura é a comunicação intensa com os usuários, através de sites, aplicativos, painéis de mensagens variáveis, painéis de informações nas estações de transporte e profissionais qualificados.

O nível de ingerência na cidade, através de medidas muitas vezes rígidas, aliado a tecnologias e ferramentas de gestão que estão no mesmo patamar de outras cidades altamente desenvolvidas em termos de mobilidade, garante sua posição de liderança e resultados exemplares.

O caso de Cingapura contribui para este trabalho, devido a seu sucesso e ao retorno nos investimentos, em áreas como integração e disponibilização de informações, medidas administrativas, sistemas de transportes inteligentes e uso de informações para planejamento.

2.2.4 Washington

A capital dos Estados Unidos possui uma característica incomum: à exceção de Nova York, uma participação significativa da utilização de modais de transporte público, em especial o metrô. Destaque-se que na grande maioria das cidades estadunidenses, prevalece o uso intensivo de carros particulares.

Em Washington, nota-se uma característica diferencial no centro de controle, que pode ser acessado na página da internet pelo cidadão³. No menu "DDOT Services" da tela de abertura, há seis botões, três dos quais são relevantes para esse trabalho.

- "*Street and Alley Light Repair*" ("Conserto de luzes em ruas e becos"), com o qual o usuário liga ou registra a ocorrência; o departamento considera como padrão uma substituição em menos de 48 horas.
- "*Request Pothole Repair*" ("Solicitar conserto de buracos"): após registrar o problema, o prazo considerado padrão para resolução é de menos de três dias; o departamento ainda apresenta um mapa com a localização dos buracos consertados recentemente e aqueles que ainda necessitam de reparo, permitindo ao usuário verificar o estado de sua solicitação.
- "*Pay by Phone*" ("Pagamento via telefone"), serviço que permite o registro de um telefone celular para pagar tarifas de estacionamento urbano.

---

³ Ver <http://ddot.dc.gov/>.

Essas três iniciativas e, especialmente, o modo como estão destacadas são exemplos claros do uso de informação para fornecer serviços melhores dentro do sistema de transporte urbano.

No quesito de modais de transporte, a cidade conta com uma extensa estrutura de transporte público, estando apenas atrás da cidade de Nova York. Washington conta com metrô, metrô de superfície, ônibus de linha e ônibus circulares com preços acessíveis, além de possuir sistemas de compartilhamento de carros estacionados próximos às linhas de metrô (uma das pioneiras nessa iniciativa desde 2001); atualmente estão sendo instalados mais corredores exclusivos de ônibus. Tem a segunda maior frota de bicicletas de aluguel do país; entre as cidades com mais de meio milhão de habitantes, Washington é a terceira colocada em uso percentual de bicicletas em deslocamentos para trabalho, com um total de 3,9% (MCLEOD, 2014). Isso se deve parcialmente ao grande número de habitantes de outras cidades que se deslocam a trabalho diariamente para a capital.

Pelas características de compartilhamento dos dados e participação direta dos cidadãos, bem como pelo formato de integração do centro de controle da autoridade de transporte de Washington com a Prefeitura, esse, sem dúvida, é um caso importante para o modelo de gestão aqui construído.

2.2.5 Boston

A cidade de Boston desenvolveu um sistema de métrica inovador para detectar problemas na gestão urbana em uma variável única, o chamado *cityscore* (nota, ou pontuação da cidade). Um conjunto de métricas relacionadas ao projeto *Boston about results* ("Boston sobre resultados", BAR) — que tem como objetivo fornecer uma visão geral da situação atual da cidade — varia ao redor do valor 1.0: valores mais baixos significam que há um problema, e valores maiores indicam que as metas estão sendo superadas. Todas essas métricas são compiladas e resultam em uma variável única.

Para que essa métrica não caia em desuso, um monitor disponível no gabinete do prefeito mostra os valores em tempo real ininterruptamente. Os gestores de cada departamento são cobrados por essas métricas, segundo o *site* da prefeitura de Boston, constantemente supervisionadas pelo prefeito.

As Figuras 5 e 6 mostram as informações cedidas ao público, sendo de interesse a diversa natureza das métricas, que incluem informações referentes tanto ao uso de bibliotecas públicas quanto de transportes e criminalidade.

Figura 5 — O *cityscore* de Boston.

Fonte: <https://www.boston.gov/cityscore>.

Figura 6 — Métricas utilizadas para a composição do *cityscore* de Boston.

TOPIC	DAY	WEEK	MONTH	QTR
311 CALL CENTER PERFORMANCE	0.91	0.87	0.86	0.93
CONSTITUENT SATISFACTION SURVEYS	1.11	0.99	0.92	0.93
GRAFFITI ON-TIME %	1.25	1.09	1.17	1.12
MISSED TRASH ON-TIME %	1.21	1.22	1.2	1.22
PARKS MAINTENANCE ON-TIME %	0.77	0.72	0.96	0.96
POTHOLE ON-TIME %	0.94	1.03	0.99	1.06
SIGN INSTALLATION ON-TIME %	-	1.05	0.94	0.99
SIGNAL REPAIR ON-TIME %	1.25	1.14	1.12	1.11
STREETLIGHT ON-TIME %	1.25	1.15	1.03	0.88
TREE MAINTENANCE ON-TIME %	1.25	1.25	1.19	1.19
ON-TIME PERMIT REVIEWS	1.04	0.87	1.02	1.09
LIBRARY USERS	1.14	1.27	1.27	1.48
BPS ATTENDANCE	-	-	-	0.97
BFD RESPONSE TIME	0.9	0.9	0.93	0.93
BFD INCIDENTS	0.88	0.88	0.98	1.05
EMS RESPONSE TIME	0.95	1.09	1.03	1.04
EMS INCIDENTS	0.99	1.01	1.04	1.03
PART I CRIMES	1.56	1.69	1.57	1.45
HOMICIDES (TREND)	-	-	16.63	3.68
SHOOTINGS (TREND)	2.94	3.43	2.76	2.22
STABBINGS (TREND)	3.66	1.42	1.66	1.62
TOTALS	1.33	1.21	1.96	1.28

Fonte: <https://www.boston.gov/cityscore>.

2.3 COMPARATIVO DA GESTÃO E INTEGRAÇÃO VIVENCIADO NAS CIDADES

Fica evidente, ao comparar as iniciativas internacionais bem-sucedidas, o papel fundamental do uso da informação e da integração entre sistemas de diferentes gestores. Tanto entre as métricas de sucesso quanto entre as iniciativas que tiveram mais êxito no cenário internacional, é comum a racionalização dos sistemas de transportes, mediante o uso de tecnologia de informação para a entrega de soluções mais holísticas e de transportes públicos multimodais mais eficientes (*EUROPEAN COMMISSION*, 2010). Todos os casos citados como exemplares estão sendo operados nesse sentido, com soluções tecnológicas que façam melhor uso dos sistemas disponíveis. Algumas das características observadas nas visitas às cidades mencionadas estão resumidas no Quadro 1.

Quadro 1 — Elementos de mobilidade urbana em cidades selecionadas.

Cidade	Centro Integrado	Controle Semafórico Dinâmico	Vídeo Monitoramento	Leitura Automática de Placas	Faixa Exclusivas Transporte Público	Integração Intermodal	Ciclovias
São Paulo	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rio de Janeiro	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Salvador	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓
Brasília	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Fortaleza	✗	✓	✓	✗	✓	✗	✓
Madrid	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Londres	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Singapura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Washington	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Boston	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓

Fonte: Elaborado pelo autor.

O caso de Madri, no contexto deste trabalho, contribui com a compreensão dos impactos de adquirir informações e distribuí-las, sendo um dos casos que motivou esta tese.

As medidas tomadas por Londres ilustram a preocupação da cidade com o uso de suas informações, seja para gerir os modais de transporte, seja para promover iniciativas particulares que agreguem valor.

O caso de Cingapura contribui para este trabalho devido a seu sucesso e ao retorno dos investimentos, em áreas como integração e disponibilização de informações,

medidas administrativas, sistemas de transportes inteligentes e uso de informações para planejamento.

O foco na prestação de serviços à população como elemento central do site da prefeitura de Washington é um exemplo de uso de meios digitais para solucionar problemas e introduz uma visão da importância para o desenvolvimento de um modelo que receba informações e gere resultado direto para o usuário final.

A contribuição da iniciativa de Boston é a disponibilização de informações e dados de forma clara e direta para tomadores de decisão e para a população em geral. Essa transparência aumenta a importância das métricas adotadas e agiliza a percepção e a tomada de decisões e desvios, além de promover a continuidade e a manutenção do foco na busca por melhorias. É um exemplo claro da importância do compartilhamento e da distribuição de informações.

Na análise dos casos brasileiros, caminha na mesma direção que as iniciativas internacionais. No entanto, ainda é necessário evoluir mais em termos de disponibilidade e alcance de modais públicos. Cidades com milhões de habitantes estão começando seus sistemas de metrô, com linhas que ainda atendem parcela muito limitada da população. Essa limitação de infraestrutura fornece oportunidade para uma expansão mais bem planejada, utilizando fontes de informação mais diretas ao cidadão — e algumas que só recentemente se tornaram disponíveis, com o desenvolvimento da *internet* das coisas.

Cabe registrar que, atualmente, a cidade de São Paulo e as outras cidades principais visitadas não contam com um centro capaz de integrar as diversas funcionalidades citadas para o modelo de gestão proposto. Mesmo com todas as iniciativas em cada municipalidade, no Brasil, ainda não é realidade a constituição de um centro integrado de mobilidade urbana, permeável aos dados externos e receptivo a todas as áreas de uma administração pública, como saúde, educação, segurança, etc.

Em visitas técnicas às cidades avançadas na questão de mobilidade urbana, observa-se que muitos dos equipamentos utilizados em São Paulo e noutras cidades brasileiras têm funcionalidades semelhantes. Contudo, a topologia da integração e as ferramentas de *software* utilizadas nestas cidades apresenta um maior nível de maturidade.

Para aproveitar melhor os sistemas e promover as melhorias de forma acelerada, as cidades brasileiras devem aprender com os exemplos internacionais e assumir não apenas um papel de seguidores, mas também de inovadores no uso e na integração de informações e dados para melhoria de mobilidade, sempre abertas às diversas iniciativas do setor privado e de institutos de ensino e pesquisa. A partir dessas experiências de gestão e das diferentes realidades aqui expostas, pode-se propor um modelo de gestão, que use ferramentas modernas para maior qualidade e eficiência nos resultados.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS DO MODELO PARA CENTROS INTEGRADOS

Para auxiliar na elaboração do modelo de gestão por processo de negócios para automação de centros integrados de mobilidade urbana, assim como para sua posterior formulação, serão analisados alguns conceitos fundamentais.

O conceito de cidades inteligentes e internet das coisas é explorado de forma a entender o direcionamento, sendo adotado por diversas grandes cidades em termos de gestão urbana, além dos novos usos da *world web* que permitem essa implementação.

Posteriormente, os termos de tecnologia da informação e gestão de dados são revisados para o levantamento de ferramentas a serem utilizadas para gestão de um centro integrado. São revisados os conceitos de *big data* e *data mining*, para o trabalho com grandes volumes de dados, e computação em nuvem, devido a seu impacto no trabalho com dados. RFID e sensoriamento são então descritos para mostrar outras ferramentas úteis de coleta de dados e controle de mobilidade.

Os conceitos de princípios e práticas de *data sharing* são explorados para entender como devem ser realizadas as trocas de informação para tratar dados de diferentes fontes e como se pode utilizar a experiência de outros empreendimentos similares para a informação de soluções. Os conceitos de parcerias público-privadas (PPPs) são então detalhados para promover essa troca de informações, utilizando equipamentos de medição pertencentes a outras entidades para servir no contexto de mobilidade urbana.

Neste contexto, torna-se necessário que as cidades compreendam esses conceitos para a implantação das soluções de gestão e governança. Isso pode ser feito, de certa maneira, com a análise dos dados obtidos através de tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e processadas com as tecnologias de *big data* e *data mining*. A partir dos dados, a cidade poderá ser entendida e um cenário poderá ser proposto.

Finalmente, explicitam-se os conceitos de gestão e modelagem por processo de negócio, para que os processos propostos sejam descritos de forma padronizada,

clara e útil, dentro de uma ferramenta de modelagem que permita sua expressão adequada.

3.1 CIDADES INTELIGENTES

O conceito de cidades inteligentes propõe uma visão integrada de funcionamento e gestão urbanos, por meio da utilização da internet das coisas, descrita neste capítulo, e de tecnologias de comunicação.

Segundo Dameri (2013), existem diferentes maneiras de interpretar e descrever este conceito. Há, por um lado, definições acadêmicas e, por outro, dos setores público e privado que se autointitulam de iniciativas de cidades inteligentes. Após uma revisão das definições e das aplicações deste termo, a autora propõe as seguintes características como essenciais: a cidade inteligente é composta por território, cidadãos, tecnologia e governança; pode suplantiar a dimensão urbana e chegar a um nível regional, nacional ou até global; deve possuir objetivos claros, como, por exemplo, sustentabilidade, criação de capital intelectual e participação dos cidadãos e seu bem-estar; é considerada *smart* por ser inteligente, digital, sustentável, inclusiva e democrática, entre outros aspectos.

Marr (2015), por sua vez, defende que a ideia por trás do conceito de cidades inteligentes é utilizar a tecnologia de coleta e processamento de dados para aprimorar a infraestrutura urbana, tornando-a mais eficiente. Isso significa, na prática, sistemas inteligentes de transporte (público ou privado), gerenciamento de resíduos sólidos, cumprimento da lei, uso de energia e outros serviços que possam tornar a vida dos cidadãos mais eficiente.

Em uma linha menos abrangente, um artigo da revista eletrônica *Computer Weekly* (MCKENNA, 2015) prevê que a integração e a análise de dados de diversas fontes dispersas permitirão a criação de uma nova inteligência e, conseqüentemente, novos serviços aos cidadãos. O artigo menciona que a nova inteligência consiste não apenas na simples aplicação de sensores em tudo e cita três tipos de dados que devem ser encontrados em cidades inteligentes: aqueles gerados por empresas, como, por exemplo, previsão do tempo e estatísticas do transporte; dados não estruturados oriundos das tecnologias sociais, como informações publicadas em redes sociais

relacionadas à cidade; e dados de dispositivos em campo acoplados com sensores, no caso dos dispositivos de IoT.

Chen et al. (2014) retratam, em uma abordagem conceitual, a existência de dois tipos diferentes de sistemas para cidades inteligentes: os bem definidos, construídos para resolver problemas específicos; e os oportunistas, concebidos para extrair informação de dados não necessariamente conexos.

Na prática, observa-se o uso de tecnologias para melhorias urbanas e diminuição de divisões departamentais, especialmente com relação ao uso de informações e ações conjuntas, destacando-se o caráter interdependente das diversas áreas. Outro ponto de convergência entre diferentes autores, práticas e definições é o objetivo, a melhoria da qualidade de vida nas cidades.

Essas definições ilustram, de forma macro e simples, a arquitetura tecnológica padrão em todas as soluções de IoT ou IoE (*Internet of Everything*, "internet de tudo"), em que um dispositivo qualquer é dotado de sensores eletrônicos e de um mecanismo de transmissão de dados para uma aplicação central disponível na internet, conforme se vê na Figura 7.

Figura 7 — Arquitetura básica do IoT/IoE.

Fonte: Wanpeng e Yu (2010).

Um comentário relacionado à mobilidade urbana é o de Zanella et al. (2014, p. 24), considerando que já é possível a aplicação de IoT para controle de congestionamento. Com sensores capacitivos, GPS ou uma combinação de sensores de qualidade do ar e de acústica, pode-se monitorar o tráfego. Com a informação gerada, o tráfego pode ser disciplinado, o que habilita as autoridades a responder aos eventos de maneira eficaz, eficiente e antecipada.

Ao estudar a bibliografia que relaciona os temas *Internet of Things* e *Intelligent Transportation Systems*, percebe-se que a ubiquidade eletrônica proporcionada pela IoT alavancou a capacidade de geração de dados a serem consumidos pelo ITS, a ponto de o segundo perder grande relevância se o primeiro não existir. Além disso, alguns dispositivos antes caracterizados somente por ITS passaram a fazer uso do conceito de IoT.

Pode-se, com isso, afirmar que o ITS é um grande consumidor dos dados gerados por dispositivos de IoT, que são aplicados para capturar o comportamento de pessoas e veículos em movimento. Desenha-se, portanto, um tripé de conceitos (ver Figura 8) que fazem uso das mesmas tecnologias, descritas nos itens a seguir.

Figura 8 — Tripé de conceitos tecnológicos.

Fonte: Elaboração do autor.

O conceito de cidades inteligentes permeia os processos propostos, por promover a integração interorganizacional e focar em parcerias para a promoção de serviços holísticos, considerando o impacto da decisão como um todo.

De acordo com o modelo *European Smart Cities*,⁴ o nível de inteligência da cidade pode ser analisado a partir de seis vetores (com os respectivos indicadores): governança inteligente; economia inteligente; mobilidade inteligente; meio ambiente inteligente; pessoas inteligentes; e vida inteligente. O modelo permitiria comparação entre o nível de desenvolvimento das tecnologias *smart* de cada cidade.

O interessante desse modelo é a consideração de que o desenvolvimento da cidade não envolve apenas o crescimento de sua economia. Esse é apenas um dos pontos da questão. Uma cidade inteligente deve atentar a todas as dimensões de sua estrutura: política (com a participação dos cidadãos na gestão pública da cidade, principalmente nas questões de interesse local);⁵ econômica, com a garantia dos fluxos da economia; ambiental, com a gestão eficiente dos recursos naturais e manejo sustentável dos resíduos sólidos e líquidos e tratamento da poluição; e social, com a atenção à qualidade de vida, que envolve desde questões de segurança pública até de mobilidade urbana e segurança alimentar.

Entretanto, elevar o nível de inteligência da cidade nem sempre é fácil. De acordo com Zanella et al. (2014, p. 23), os projetos de cidades inteligentes enfrentam dificuldades políticas, técnicas e financeiras.

As dificuldades políticas estariam na pulverização do poder de tomada de decisão, principalmente quando questões fundamentais das cidades estão sob competência de várias autoridades. A dimensão técnica envolve a compatibilização das novas tecnologias com os equipamentos já em funcionamento na cidade, ou seja, as alterações devem considerar aquilo que já existe na cidade. Por fim, o problema

---

⁴ Trata-se de um projeto iniciado em 2007 pela Universidade Tecnológica de Viena (*Technische Universität Wien*) que elaborou o Modelo Europeu de Cidades inteligentes. Este modelo integra diversos campos do desenvolvimento urbano e das inovações nesses campos. Até o momento, o projeto já elaborou quatro relatórios, três sobre cidades de médio porte e um sobre cidades de grande porte (TUWIEN, 2015).

⁵ Conforme os incisos I e V do art. 30 da Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, as questões de interesse local são de competência do município.

financeiro se traduziria na inexistência de um modelo de negócio claro aos investidores, o que se agrava em uma situação de crise.

Para contornar essas dificuldades, os autores apontam como possíveis soluções: criar uma entidade responsável pelos assuntos concernentes às tecnologias ou que concentre os responsáveis; utilizar tecnologia de IoT para integrar tecnologias de ITS; e focar no desenvolvimento de tecnologias em que o ganho social (aumento da qualidade dos serviços) esteja associado ao retorno do investimento (em termos de redução dos custos operacionais).

No caso brasileiro, as competências estão realmente pulverizadas entre diversos órgãos e entes estatais. Com um fator complicador: politicamente, o Brasil é uma federação, cuja competência está, em grande parte dos casos, centralizada na União Federal. Sem se ater aos fatores históricos que levaram a essa concentração na estrutura superior, o fato é que as questões estratégicas são resolvidas pela União. Dentre os órgãos que compõem a estrutura federal e dizem respeito ao desenvolvimento de tecnologias inteligentes, destacam-se:

- agências reguladoras federais, que são autarquias de regime especial, competentes para regular determinado setor, a exemplo da Agência Nacional de Águas (ANA), da Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) e da Agência Nacional do Transporte Aquaviário (Antaq);
- outros órgãos da administração indireta, que podem realizar múltiplas funções, de acordo com suas competências, como regulamentação de determinado setor ou a certificação de produtos e tecnologias, a exemplo do Instituto Nacional de Metrologia Normalização, Qualidade e Tecnologia (Inmetro);
- órgãos da administração federal direta, a exemplo do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.

Além da União, o gestor municipal precisa observar a competência estadual, que pode colidir com a sua quando o assunto é a implantação dessas tecnologias.

Por tudo isso, não é viável adotar no Brasil a solução proposta por Zanella et al. (2014) no que diz respeito aos desafios políticos das cidades. Esbarra na Constituição Federal concentrar todas as competências em um órgão municipal, estadual ou federal. Nessas circunstâncias, o melhor seria fortalecer mecanismos de cooperação

entre os entes políticos. Mesmo quando o assunto corresponde a interesse e competência unicamente municipais, a ajuda financeira pode ser um ponto que exige cooperação. Ou seja, a competência de tornar as cidades inteligentes não se esgota no orçamento e nas competências dos municípios, devendo-se atentar às características do modelo político brasileiro.

A conclusão a que se chega reforça o exposto no início do capítulo, qual seja, embora algumas soluções de cidades inteligentes possam ser aplicadas e adaptadas em diversas cidades ao redor do mundo, "nem todas as soluções servem a qualquer cidade" (FINGUERUT; FERNANDES, 2014, p. 36). O planejamento e a implementação de projeto de cidades inteligentes devem levar em conta diferentes aspectos, tais como questões culturais, ambientais, vocacionais e políticas.

3.2 INTERNET DAS COISAS (IoT)

Para promover a integração e coletar informações autônomas de sensores ou voluntárias de usuários, um novo conceito de internet deve ser compreendido.

Em seu desenvolvimento inicial, a internet servia de suporte a atividades acadêmicas, sendo posteriormente disseminada para o público em geral. Nessa fase, o acesso era feito por pessoas, através de uma rede computacional. No final da primeira década dos anos 2000, a internet passou também a ser acessada, em maior escala, diretamente por equipamentos, seja para o recebimento de comandos, seja para a inserção de dados e informações em bancos de dados *online*. Atualmente, a internet é acessada frequentemente por sensores, celulares, carros, eletrodomésticos, sistemas de energia elétrica, sistema de gestão de recursos hídricos, entre outros.

Um artigo do Gaertner Group (*GARTNER SAYS ENTERPRISE...*, 2015) descreve, em seu parágrafo inicial, que a Internet das Coisas representa diversas tecnologias e usos que proporcionarão oportunidades e riscos sem precedentes.

Quando os objetivos são específicos, os produtos *smart* têm função determinada e, genericamente, capturam dados e os transmitem a um serviço de processamento que gera uma informação ao interessado.

Em 13 de janeiro de 2014, a revista norte-americana *TIME* publicou a seguinte matéria no caderno de tecnologia: *The Next Big Thing for Tech: The Internet of Everything*

(BAJARIN, 2014). Entre as diversas inovações apresentadas em uma feira de Las Vegas, a matéria relata a introdução do termo em inglês *smart*, ou seja, uma qualidade para qualquer produto que transmita um dado a um serviço de processamento centralizado e disponível na internet.

Soluções consideradas futuristas para o momento já estão ao alcance de todos: uma lâmpada envia dados de consumo a uma central, para informar ao usuário o seu custo energético e cruzá-los com dados do sensor de luminosidade, para verificar se sua intensidade é a adequada para o momento; uma pulseira monitora o sono de seu usuário e transmite informações a seu *smartphone*, para avaliação da qualidade de vida; dispositivos embarcados em veículos são capazes de alertar o motorista sobre a forma mais econômica de dirigir e, em paralelo, transmitir informações a centros de controle, para avaliar o comportamento de seu funcionário ao volante.

Por ser um conceito e ter implementações mais antigas que a IoT, as arquiteturas de ITS sofreram modificações ao longo dos anos.

O sistema inteligente de semáforos da cidade de São Paulo, citado no capítulo anterior, remete a uma estrutura cliente-servidor, interligada por uma topologia de rede em estrela com ligações ponto a ponto e baseada em protocolos proprietários, como ilustra a Figura 9.

Figura 9 — Arquitetura com comunicação dedicada ponto a ponto.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O avanço e o barateamento das tecnologias de transmissão de dados, principalmente com o advento do celular, permitiram que a massa tecnológica já presente nas vias fosse interligada a um controle central. O objetivo mais básico da interligação era conhecer, de forma centralizada, se os dispositivos em campo estavam funcionais, facilitando a identificação de problemas e reduzindo o tempo de indisponibilidade do sistema ao usuário final.

Em seguida, esses dispositivos puderam ser substituídos por outros, mais inteligentes, capazes de transmitir informações à central em tempo real e, com isso, viabilizar o cruzamento com outros dados e a geração de outras informações.

O exemplo dos radares ilustra esse avanço. A tecnologia de comunicação de dados por celular permitiu a interligação dos dispositivos da via à central criada especificamente para esse fim. Além da fiscalização de multa e rodízio, é possível saber, em tempo real, a velocidade da via naquele ponto ou cruzar as placas dos veículos com bases de dados de carros roubados.

O sistema de gerenciamento da operação de ônibus na cidade de São Paulo, também descrito no capítulo anterior, já nasceu em uma arquitetura de IoT.

Ji et al. (2014) examinam uma aplicação para gestão de vagas de estacionamento em vias públicas. Sensores nos locais de estacionamento detectam a presença de veículos e transmitem a informação a parquímetros instalados na via, por meio de uma comunicação sem fio. De tempos em tempos, os parquímetros comunicam-se com um sistema central baseado "na nuvem" que distribui aos interessados, em um aplicativo para smartphone, as informações sobre as vagas livres/ocupadas.

Bojan; Kumar e Bojan (2014) analisam uma aplicação para coleta de dados de temperatura e umidade dentro de ônibus e sua correlação com o posicionamento do veículo. As informações do ambiente são repassadas em tempo real aos gestores do sistema de transporte e ao motorista para tomada de decisão.

Perakovic; Husnjak e Cvitic (2014) estabelecem uma arquitetura baseada em IoT para ajudar deficientes visuais e potencializar o nível de informação sobre seus deslocamentos, além do que é possibilitado por bengalas, cachorros e outros métodos sonoros tradicionalmente usados.

Wang; David e Chalon (2014) descrevem um modelo de alocação dinâmica de vias exclusivas para o transporte público e emergências policiais, com uso intensivo de tecnologias embarcadas em veículos e processamento central dos dados coletados.

Todos esses exemplos também se baseiam na arquitetura de IoT definida em três camadas, com pequenas modificações características de cada solução.

Atualmente, não são mais concebidos sistemas de ITS distantes dos conceitos de IoT. A necessidade da coleta dos mais variados dados e sua rápida centralização e processamento é premissa de qualquer gestão de trânsito e transporte. Ao abordar ambos os temas, muitos autores preocupam-se com a definição de padrões e protocolos gerais, e buscam a definição de um modelo único que atenda a todas as demandas. Esse é o caso do trabalho de Chen et al. (2014), que relata a fragmentação e a falta de integração de dados de diferentes soluções de IoT que utilizam protocolos proprietários e dificultam o compartilhamento de informações.

Porém, como evidenciado por Zanella et al. (2014), o estabelecimento desses padrões em IoT é tarefa muito complexa, principalmente pela diversidade de dispositivos, tecnologias de comunicação e serviços possíveis.

Vasconcelos; Quevedo-Silva e Roval (2015) assinalam que, seja qual for a aplicação de ITS, seus projetos de desenvolvimento e implementação são considerados complexos pela definição de Baccarini (1996), por possuírem muitas partes inter-relacionadas e interdependentes. Ou seja, quando os temas IoT e ITS são relacionados, a arquitetura de IoT em três camadas precisa ser incrementada para continuar aderente.

Na ótica do administrador público e por exigência legal e estratégica, um ambiente com múltiplos fornecedores de soluções é o ideal. A exigência legal visa à concorrência e ao barateamento de custos, e a questão estratégica procura dar continuidade a, pelo menos, parte do sistema, mesmo que exista algum problema com um fornecedor específico.

Esse ecossistema de múltiplos fornecedores divide-se em dois caminhos. O primeiro caracteriza-se pela instalação de sistemas paralelos com o mesmo objetivo e que não "conversam" entre si, limitando o conhecimento dos gestores ao todo. O segundo

define padrões e protocolos (CHEN et al., 2014) difíceis de serem estabelecidos e, o mais importante, evoluídos.

O sistema semafórico em tempo real e o sistema de controle dos ônibus da cidade de São Paulo representam, respectivamente, os caminhos descritos acima. No primeiro, não existiam protocolos abertos e padronizados para controle semafórico, o que forçou a Prefeitura a dividir o município em cinco regiões e a licitar cada uma dessas regiões de forma independente, com o objetivo de não se prender a um único fornecedor. Os resultados negativos desse procedimento foram a implementação de cinco centrais diferentes que não se comunicavam, além do monopólio de fornecimento criado em cada uma das cinco áreas, pois a substituição dos equipamentos dentro de uma área só podia ser feita por outro de mesma marca/fabricante.

Já o sistema de ônibus teve outra abordagem, aderente ao segundo caminho. Para viabilizar o ecossistema de diversos fornecedores e ter uma solução central única, foi estipulado um protocolo de comunicação aberto entre os dispositivos em campo e os sistemas centrais de processamento. O protocolo atendeu de forma exemplar às demandas existentes para operação dos ônibus em 2003 e se encaixa na arquitetura básica de IoT do segundo tópico. Por outro lado, a evolução na área foi gigantesca, e as empresas que desenvolvem essas tecnologias inovaram com diversas outras funcionalidades talvez não imaginadas 12 anos antes. Depois de sua implementação em São Paulo, o protocolo não sofreu mais evolução, para possibilitar a adoção das novas funcionalidades, tornando-se obsoleto para os dias atuais. Além disso, poucos fabricantes tiveram interesse em instalar algo específico para atender exclusivamente a São Paulo, visto que o protocolo criado não era internacionalizado.

Os dados recebidos pelas centrais, tanto a semafórica quanto a de controle dos ônibus, são transmitidos e recepcionados na camada de aplicação por sistemas específicos e dedicados para esses fins. Se os sistemas forem proprietários, como no caso dos semáforos, o aproveitamento para outros fins é impossível, pois o fornecedor não permite integração. Se os sistemas forem abertos ou controlados pela Prefeitura, a integração dos dados depende do desenvolvimento de interfaces para sua extração. Isso demonstra que a introdução de tecnologias nas cidades não pode ignorar todo o aparato social, material e tecnológico já existente, o que aumenta em muito a

complexidade. Além disso, tal pressuposto ajuda, de pronto, a rejeitar soluções meramente importadas de outras cidades. Em outras palavras, o que dá certo em uma cidade pode não ser o ideal para outra, seja por questões culturais, seja por questões de recursos, seja ainda por uma restrição no uso da tecnologia já existente.

Vale ressaltar que essas tecnologias não estão isentas de risco, por manipular informações pessoais, tais como hábitos, relações entre pessoas, etc. Além disso, o custo de viver em uma cidade inteligente pode gerar exclusão social, principalmente em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil (MARR, 2015). Assim, é necessário garantir a segurança e a privacidade dos cidadãos, bem como adotar medidas de inclusão social, para evitar a cisão da sociedade.

Nessas condições, a criação de cidades mais inteligentes a partir do zero, a exemplo de Masdar (em Abu Dhabi, nos Emirados Árabes) e Songdo (na Coreia do Sul), enfrenta desafios e pode servir de laboratório para testar soluções e elaborar interações ótimas entre infraestrutura civil (prédios, ruas e demais estruturas físicas) e trabalho no domínio do conhecimento (tecnologia da informação).

Na perspectiva dos avanços tecnológicos e do conhecimento, tornou-se, então, possível abandonar a visão de promoção de respostas parciais e fragmentadas, para se implantar soluções que promovam a integração.

3.3 CENTRO INTEGRADO DE MOBILIDADE URBANA (CIMU)

Desde o início de 2013, uma nova direção foi dada para a gestão do tráfego em São Paulo, que se diferencia pela busca por unidade entre os diversos atores envolvidos nas questões de mobilidade urbana. Enfatizou-se a integração das agências para gerenciamento de tráfego (CET) e de transporte público sobre pneus (SPTrans), adotando uma estratégia de inovação fundamentada na utilização de protocolos abertos.

Nessa mesma linha de raciocínio, também em 2013, foi concebida a ideia do Centro Integrado de Mobilidade Urbana (CIMU) para a Cidade de São Paulo. A solução pensada para resolver vários problemas de tráfego e transporte foi criar um banco de dados único que integra todas as informações sobre tráfego e transporte através de um sistema baseado em padrões e protocolos abertos, permitindo que os diferentes

sistemas se beneficiem de diversos dados brutos que até então eram mantidos dispersos e subutilizados.

Os principais objetivos do CIMU são: (a) visualizar as informações de todos os diferentes componentes e fontes de apoio a tomada de decisões estratégica; (b) automatizar processos; (c) instalar novas funcionalidades; (d) fornecer informações para usuários; e) compartilhar recursos; e (f) diminuir os custos.

A arquitetura do CIMU é descrita na Figura 10. Os dados são coletados por dispositivos em campo em diferentes fontes e são integrados em uma rede de dados baseada em protocolos abertos que permite a transmissão aos centros de controle. Os centros de controle específicos, após recepção e armazenamento dos dados, devem replicá-los à base única do CIMU.

Caracterizam-se, então, as mesmas três camadas da concepção de IoT: a camada dos dispositivos, responsável pela coleta de dados; a camada da comunicação, responsável pelo fluxo dos dados coletados; e a camada de aplicação, responsável pelo armazenamento, processamento e transformação dos dados em informações para alimentar os usuários ou retroalimentar a camada de dispositivos.

Figura 10 — Arquitetura do Centro Integrado de Mobilidade Urbana concebido para a cidade de São Paulo.

Fonte: Secretaria Municipal dos Transportes. Apresentação de lançamento do conceito do CIMU.

De baixo para cima, apresenta-se a camada dos dispositivos, onde se encontra uma série de diferentes e dedicadas implementações, construídas para atender aos objetivos pretendidos com a solução. Nos últimos anos, essa camada está sofrendo a mesma transformação tecnológica viabilizada pelos sistemas operacionais de computadores, que permitiram uma padronização do acesso ao *hardware* e a rápida implementação de aplicativos. São os sistemas operacionais dedicados ao chamado mundo das coisas.

Em uma reportagem da revista eletrônica *Teletime*, Amaral (2015) apresenta um anúncio recente feito pela empresa chinesa Huawei do sistema operacional LiteOS, de código aberto e com apenas 10 Kbytes de tamanho.

Outro ponto importante da camada do dispositivo é a energia. A maior parte dos dispositivos IoT é alimentada por baterias que exigem, de um lado, tecnologias que aumentem sua duração e, de outro, componentes de baixo consumo e *software* eficientes.

A camada de comunicação apresenta-se principalmente em redes do tipo *Personal Area Networks* (PAN), disponibilizadas com as tecnologias Bluetooth e Zigbee, em redes *Local Area Networks* (LAN), com tecnologia WiFi 802.11x, ou em redes *Wide Area Networks* (WAN), com tecnologia GSM, principalmente de segunda, terceira e quarta gerações (2G, 3G e 4G), baseadas em configurações sem fio.

Além das configurações em que o dispositivo "conversa" diretamente com a estrutura de rede, a camada de comunicação pode ser organizada pelo conceito *Mesh*, de acordo com o qual os dispositivos, além de desempenhar sua função de coleta de dados, são responsáveis pelo encaminhamento dos dados coletados pelo dispositivo vizinho.

Por fim, a camada de aplicação é caracterizada pelo conceito de nuvem (também designado como *Cloud Computing*), segundo o qual o interessado pelos resultados do processamento dos dados em informações não tem exato conhecimento do local físico de armazenamento.

Até a década passada, os usuários tinham a real noção de que seus dados estavam armazenados no disco de seu computador, em seu *pendrive* ou no servidor da

empresa que fica na sala técnica do quinto andar, por exemplo. O conceito de nuvem desafia essa percepção: o que interessa não é mais onde o dado está guardado, mas qual informação é gerada a partir desse dado.

O desafio da camada de aplicação é difícil de ser medido. Uma reportagem da *Mobile Time* (IBM INVESTIRÁ US\$ 3 BILHÕES..., 2015) divulga que, pelas estimativas da IBM, "(...) 90% de todos os dados gerados por dispositivos móveis, veículos e aparelhos conectados nunca são analisados".

É nessa camada que entram os conceitos de *big data*, para armazenamento de grandes quantidades de dados não estruturados, e de *data mining*, para extração do que importa — ou seja, minerar o ouro.

O Centro Integrado de Mobilidade Urbana proposto é um grande avanço comparado com o que é atualmente posto à disposição de gestores e cidadãos e está aderente às tecnologias que também são usadas para se desenvolver cidades mais inteligentes. O CIMU, porém, só endereça dados estruturados provenientes de sensores já existentes, o que não caracteriza de fato uma iniciativa integrada no âmbito da mobilidade urbana. Para tanto, seria necessário acionar parceiros de organizações privadas e não governamentais, para aumentar a oferta de informação, além de manter o centro atualizado com relação a novos desenvolvimentos tecnológicos.

Embora um ambiente físico seja indispensável para o acompanhamento e a operação dos sistemas de mobilidade urbana, a integração da base de dados ocorre cada vez mais em um ambiente virtual. A cidade de São Paulo, graças a seu porte, tem condições de construir uma estrutura física dedicada. No entanto, a flexibilidade proporcionada pela computação em nuvem pode permitir o acompanhamento adequado nos próprios espaços departamentais, sendo aplicável em cidades de diferentes portes. Mesmo quando existem vários departamentos diretamente ligados à gestão de mobilidade urbana, essa abordagem mais virtualizada possibilita que todos os envolvidos tenham acesso igualitário aos bancos de dados, admitindo-se que cada departamento gerencie suas aplicações específicas.

No caso da construção de um centro, diversos fatores devem ser considerados, como a alocação de espaço para os diferentes órgãos diretamente envolvidos, a

manutenção de um sistema de gestão de energia eficiente (SAIDEL et al., 2006), ferramentas de visualização que facilitem o acompanhamento das métricas e ocorrências e uma estrutura física e computacional que permita a ação conjunta eficaz em situações de crise, conforme destacam Justo e Piqueira (2013).

O centro integrado torna-se, assim, um *hub* de dados provenientes de diferentes fontes, organizando, concentrando, processando e, se tudo for bem planejado, fornecendo dados (REZENDE; DIAS, 2016) de forma mais direta e consistente para decisões gerenciais. Gerir um centro integrado de mobilidade urbana inclui não apenas tratar as questões da mobilidade em si, mas também manter as informações e dados consistentes, atualizados e funcionais, além de fazer com que o sistema interaja e responda a essas entradas.

Os exemplos de iniciativas descritos, especialmente nos casos internacionais, no capítulo anterior, contribuem com a compreensão de como esses dados podem promover melhorias. A cidade de Cingapura é considerada exemplo, por integrar informações em um centro único que permite a implantação de medidas eficientes e a disponibilização ágil de informações, tanto para os envolvidos na gestão quanto para usuários finais. Assim como Cingapura, Madri e Londres têm sistemas integrados de dados que promovem melhorias nas decisões e nas respostas a ocorrências. Washington conta com um sistema transparente de comunicação com os cidadãos, o que permite mais rápida resposta na manutenção das vias e facilita o acompanhamento dos reparos por parte da população. Boston apresenta suas métricas de sucesso tanto para gestores quanto para o público em geral, o que leva a mais alto nível de atenção e consequente melhoria nos resultados.

Para que essas informações levem a resultados, os centros integrados e seus participantes devem tomar ações — de criação de iniciativas, políticas de trânsito, ampliação de transporte público, ou de operação — como controle semafórico, atendimento a ocorrências, agilidade em manutenção e adequação para eventos (obras, shows, eventos esportivos e festividades, entre outros). Entre as maneiras de coletar informações do uso das vias, destaca-se em âmbito nacional o SINIAV, que utiliza a tecnologia de RFID descrita no item 3.9 deste capítulo. Uma das formas mais tradicionais e diretas de atuar sobre o tráfego de veículos é por meio de semáforos que apresentam mecanismos de controle cada vez mais eficientes (uma descrição

mais detalhada do controle semafórico é apresentada ainda neste capítulo). Outros meios de atuação e coleta de dados são fornecidos por iniciativas privadas na área de mobilidade urbana, que fecha a seção de apresentação de conceitos.

3.4 PARCERIAS PÚBLICO-PRIVADAS

No contexto de cidades inteligentes, tanto a iniciativa pública quanto a privada são participantes complementares de uma boa gestão, tornando essenciais as parcerias e a comunicação entre esses dois tipos de organização para a otimização do desenvolvimento urbano.

Uma das formas mais tradicionais e bem disseminadas de PPPs são as concessões. Nesse formato, existente há centenas de anos, as empresas são autorizadas a explorar um recurso público ou a prestar um serviço por determinado período de tempo, recebendo pagamentos diretamente dos usuários ou da negociação dos recursos explorados (ESTACHE, 2014). Esse tipo de parceria é de especial importância para a mobilidade urbana, devido ao número de estradas, estacionamentos, serviços de transporte público, etc. que operam nesse formato.

Em relação ao potencial de troca de informações, é natural desse formato que ocorram acordos de adequação de estrutura, especialmente no momento de instalação de uma concessão, e obrigações contratuais de tratamento de dados. Ao identificar nova necessidade ou potencial para coleta de dados, deve-se informar essa demanda aos órgãos responsáveis pelo desenvolvimento desses contratos, para que sejam incluídos em instâncias futuras.

Em geral, as PPPs têm uma relação de dupla mão de direção com a informação. Em seu artigo sobre eficiência de parcerias público-privadas, Estache (2014) afirma que uma das principais dificuldades para se alcançar eficiência é a definição de métricas adequadas e, em especial no setor de transportes, a estimativa adequada de demanda. Não apenas as empresas envolvidas nessas parcerias coletam e fornecem essas informações com características definidas em contrato, como também os contratos futuros dependem da disponibilidade de dados para serem dimensionados de forma eficaz; o conhecimento da influência de variáveis no sistema pode contribuir para a definição de métricas mais eficientes, fazendo com que um sucesso na parceria represente um sucesso para os usuários dos serviços prestados.

Baseado em dados e artigos empíricos, Estache (2014) levanta as dificuldades expostas a seguir para a eficiência das PPPs.

- O risco de viés de otimismo na seleção de processos — O dimensionamento dos serviços e recursos a serem explorados a médio e longo prazo exige estimativas, frequentemente por demais otimistas, segundo o autor.
- Falhas no processo de concorrência — As dificuldades inerentes ao processo de concorrência são outra fonte potencial de ineficiência nestas parcerias.
- A extensão na qual a parceria explora um setor — Nessa seção, o autor pontua a possibilidade de empresas em contrato de parceria se concentrarem em ações de alta lucratividade e deixarem de lado partes importantes da parceria de retorno menos imediato. Um exemplo, externo ao artigo, seria o das concessões de distribuição de energia, prestando serviços com foco em áreas urbanas e ignorando, atrasando ou criando dificuldades para expansões em zonas rurais que proporcionam menor lucratividade.
- Os desafios de combinar a escolha contratual com o contexto institucional — As formas de inspecionar serviços, verificar entregáveis, realizar pagamentos e averiguar reclamações, dependem tanto do contrato quanto da organização institucional do parceiro público. Levar em conta as complexidades da gestão pública em contratos que normalmente são de médio e longo prazo faz com que essa seja uma fonte de dificuldade ao se administrar esse tipo de parceria. Segundo o autor, essas dificuldades levam à renegociação dos acordos, o que não deve ser encarado como indesejável, mas como parte do processo. A Tabela 3, a seguir, mostra a porcentagem de contratos renegociados em diferentes localidades.

Tabela 3 — Porcentagem de renegociação de parcerias público-privadas.

Área geográfica	Setor	Renegociação de contratos (%)
América Latina e Caribe	Todos os setores	68
	Eletricidade	41
	Transportes	78
	Água	92
Estados Unidos	Rodovias	40
França	Rodovias	50
	Estacionamentos	73
Reino Unido	Todos os setores	55

Fonte: Adaptado de Estache (2014).

- Sustentabilidade — O último fator descrito é a sustentabilidade e a longevidade das melhorias, que podem ser prejudicadas por fatores como instituições fracas, políticas excessivas, corrupção e falta de transparência.

Vale notar que esse artigo leva em conta formatos mais tradicionais de parceria. Quando se tomam em consideração potenciais trocas de informação, empresas que prestam serviços diretamente ao consumidor podem igualmente coletar dados úteis. Nesses casos, as parcerias podem ocorrer sem contrapartidas financeiras, resultando em geração de valor potencial, tanto para a empresa quanto para o setor público.

Existem diversos artigos e extensos relatórios sobre como gerenciar empreendimentos público-privados e esses documentos em geral detalham como lidar com as questões relativas a melhores formas de contrato, inspeção, pagamento e manutenção, entre outras (DUNN-CAVELTY; SUTER, 2009; HALL, 2008; RIDOLFI, 2003; SAUSSIÉ; TIROLE, 2015; SON, 2012).

No contexto deste trabalho, são de interesse os campos afetados pela troca de informações. Na divisão proposta por Estache (2014), o risco de viés pode ser minimizado; a escolha contratual fornece uma ferramenta institucionalizada de cobrança de resultado e compartilhamento de dados e a sustentabilidade dos benefícios também depende de um *feedback* mensurável.

Em 2003, publicou-se um conjunto de diretrizes da União Europeia que descreve com maior nível de detalhe a divisão de riscos assumidos em diferentes tipos de parceria, especificando a quem cabe cada risco e quando os riscos são compartilhados (RIDOLFI, 2003). Essa preocupação legítima é um incentivo para que haja diálogo, tanto no sentido de realização do trabalho quanto de diminuição de riscos, algo com o que o trabalho com dados pode contribuir significativamente.

Quando há mais integração, tem-se novo direcionamento para o sucesso. Um exemplo desse novo conjunto de diretrizes é dado no artigo *Public-Private Partnerships for SMART City Management* (URAÍA WORKSHOP, 2015). Afirma-se que, embora as etapas de contratação sejam as mesmas, as diretrizes para sucesso, nessas circunstâncias, incluem outras necessidades:

- alinhamento estratégico compatível;
- regulamentação adequada de proteção de dados e flexibilidade de regras de contratação;
- nível de sofisticação que não crie dependência;
- utilização de estudos de viabilidade para atrair investidores;
- promoção de inovação na contratação;
- comunicação contínua com a população, operador privado e agentes públicos;
- desenvolvimento de relação de confiança e diálogo entre os parceiros;
- promoção de relações de ganho mútuo;
- garantia de flexibilidade no contrato, para adequação a tecnologias de mudança rápida;
- garantia de justa distribuição de riscos e responsabilidades;
- consideração de problemas de propriedade intelectual das soluções, evitando-se a compra do direito de produtos, enquanto se mantém o controle do projeto;
- garantia de transferência de habilidades do setor privado para a gestão pública, de forma a assegurar independência da contratante ao final do contrato; e
- desenvolvimento de estreitas políticas de governança durante a implantação e o monitoramento do projeto.

No caso específico de sistemas de transporte inteligentes para a América Latina e o Caribe, foi publicado, pelo grupo *Economist Intelligence Unit* (EIU), um relatório que descreve processos de sucesso em parcerias público-privadas. O texto ressalta que, em um momento inicial, parcerias nessa região têm mais êxito quando a implantação de infraestruturas de maior complexidade é necessária e quando o retorno financeiro é feito mediante cobrança direta ao usuário. Isso se deve à grande necessidade de ampliação de infraestrutura de modais mais racionais de transporte quanto ao uso de espaço público, como vias exclusivas de bicicletas, ampliação de linhas de metrô e faixas exclusivas para ônibus (EIU, 2014).

Para o melhor aproveitamento das PPPs através de comunicação e troca de informações e dados, alguns princípios devem ser seguidos. A próxima seção descreve princípios e práticas que contribuem com esse compartilhamento.

3.5 DATA SHARING

Dada a importância de dados e informações para a tomada de decisão e a riqueza desses recursos presentes em iniciativas externas, uma das medidas que podem influenciar mais positivamente a mobilidade urbana é o compartilhamento desses dados. No entanto, esse compartilhamento deve ser realizado de forma segura, consistente e acessível, ou pode resultar em mero acúmulo, sem qualquer função prática. Nesta seção, serão tratados os temas de uso de bases abertas, introdução de dados externos e bases de compartilhamento de experiência.

Uma das formas de compartilhamento de experiências e cooperação entre cidades é a publicação dos casos de sucesso — e, possivelmente, de fracasso — na implantação de melhorias. Esses casos podem ser utilizados como ferramenta, tanto para levantamento de alternativas quanto para tomada de decisão. Segundo Page (2015), muitos dos dados externos disponíveis gratuitamente precisam de um volume de trabalho para integração maior do que aqueles cedidos entre empresas.

A disponibilidade de dados é um dos fatores mais críticos para o apoio à tomada de decisão e a capacidade de incorporar dados externos pode contribuir significativamente para melhorias, seja através de redundância, seja de aumento de aparato de medição, seja ainda de adição de variáveis (MALLON, 2009). De acordo com Page (2015), os problemas principais da integração com dados externos podem ser divididos em duas categorias: contexto e complexidade. O contexto refere-se à relação entre os conjuntos de dados; pode ser direto, como gastos com manutenção, ou indireto, como o registro da opinião de usuários de metrô sobre sua qualidade. A complexidade está ligada à estrutura; um banco estruturado de forma a conter informações diretamente relacionadas é mais facilmente integrável do que um conjunto desestruturado que precise ser manipulado antes de se tornar utilizável. Como fatores que facilitam a integração de dados, aponta-se a compreensão do conjunto de dados, uma relação direta entre os conjuntos de unicidade (correspondência unitária) e a aceitação cultural da integração, uma vez que essa pode afetar a forma de trabalho (PAGE, 2015).

Uma das características mais relevantes para a tomada de decisão eficiente é a experiência e uma das iniciativas de promoção de melhorias em termos de mobilidade

urbana é a divulgação de lições aprendidas (KÖLINGER, 2016). Bases de *learned experiences* contribuem de forma diferente, se comparadas a dados crus. Isso porque, em vez de serem inseridas em bases de dados para que sejam analisadas e posteriormente possam contribuir com a gestão, tentam fornecer conhecimento explícito de forma holística, descrevendo não só o problema trabalhado, mas, muitas vezes, a lógica de solução, os recursos disponíveis, as facilidades e as dificuldades inerentes ao processo de implantação.

Ainda no contexto de aplicação para utilização em mobilidade urbana, uma questão levantada pela grande quantidade de dados gerados no contexto de IoT é como lidar com esse volume e extrair informações úteis desses dados. Para melhor compreensão das ferramentas atualmente disponíveis para enfrentar esse desafio, são apresentados a seguir os conceitos de *big data* e *data mining*.

3.6 BIG DATA

"*Big data*" é um termo que adquire diversos significados. Com um critério quantitativo, Souza (2013, p. 28) considera que, hoje, *big data* são qualquer conjunto de dados cujo tamanho seja da ordem de terabytes. Isso porque os tradicionais Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados Relacionais (SGBDRs) começariam a mostrar sinais de estresse. Entretanto, explicam George; Haas e Pentland (2014), o volume de informação não é mais o parâmetro de definição, mas sua inteligência, ou seja, os conhecimentos que a grande quantidade de informações pode gerar.

Camargo-Vega; Camargo-Ortega e Joyanes-Aguilar (2015) apresentam diversas definições. *Big data* seriam os dados que não podem ser processados ou analisados de forma tradicional, ou aqueles que se acumulam com o tempo e que são difíceis de analisar com ferramentas de gestão tradicionais. Com outro ponto de vista, seriam o conjunto de ferramentas, processos e procedimentos que permitem a uma organização criar, manipular e administrar um grande conjunto de dados e instalações de armazenamento. Ou também as técnicas e as tecnologias que tornam economicamente possível fazer frente a dados de escala extrema. Em outras palavras, "*big data*" trataria de: 1) técnicas e tecnologias; 2) escala extrema de dados que supera a tecnologia atual em termos de volume, velocidade e variedade; 3) valor econômico, fazendo com que as soluções sejam exequíveis e possibilitem o

retorno financeiro. Por fim, também podem significar a consolidação de todas as informações de uma organização e as colocar a serviço do negócio.

Já para Zikopoulos et al. (2015, p. 4), *big data* são

[...] the ability to retain, process, and understand data like never before. It can mean more data than what you are using today, but can also mean different kinds of data — a venture into the unstructured world where most of today's data resides.

As características ou as também chamadas dimensões dos *big data* são o volume (terabytes de dados para serem processados), a velocidade (grande fluxo de dados decorrente de diversos *softwares*, como *sites* eletrônicos, arquivos de busca, redes sociais e correio eletrônico), a variedade (muitas formas de representar os dados, podendo ser estruturados, não estruturados, em texto ou em multimídia) e a veracidade (incerteza quanto a sua consistência, completude, ambiguidade, latência e modelos de aproximação).

O objetivo da análise de *big data* é examinar grandes quantidades de dados e desses extrair informações relevantes e úteis para a organização, permitindo tomar melhores decisões e obter vantagens competitivas (CAMARGO-VEGA; CAMARGO-ORTEGA; JOYANES-AGUILAR, 2015).

Classificam-se os dados como estruturados, não estruturados e semiestruturados. Os dados estruturados têm uma estrutura bem especificada, o que permite maior facilidade de acesso e podem ser estáticos ou dinâmicos. Os dados semiestruturados não têm estrutura definida, mas são dotados de etiquetas que facilitam a separação de um dado do outro; suas características são irregulares (podem não ter um esquema particular) e podem aparecer dados novos cuja estrutura não tenha relação com a existente. Por fim, os dados não estruturados são os que não admitem normalização, não têm tipos definidos nem estão organizados em algum padrão; não são armazenados de maneira relacional ou de forma hierárquica, mas deve ser possível organizá-los, classificá-los, armazená-los, eliminá-los e buscá-los de alguma forma. Pode-se ainda fazer uso de metadados, ou seja, usar dados que possam descrever outros dados.

George; Haas e Pentland (2014) apresentam cinco fontes de grande volume de dados.

- Dados públicos: são mantidos por entidades governamentais e têm a capacidade de ser utilizados em aplicações de gestão. Exigem restrição de acesso para manter a intimidade das pessoas. Exemplos são os dados de transporte, saúde, uso de energia, etc.
- Dados privados: são mantidos por entidades particulares, que visam o lucro ou não, e refletem informações privadas, tais como dados de transações dos consumidores e RFID utilizado em cadeias de suprimento.
- *Data exhaust*: dados do ambiente coletados de forma passiva, que podem não ter valor ou tem valor limitado ao coletor original. Foram coletados para um propósito, mas podem ser recombinaados.
- *Community data*: é a destilação de dados não estruturados, principalmente em forma de texto, em redes dinâmicas de captura de tendências sociais. Exemplo: *reviews* de produtos, botões de avaliação em *sites*, Twitter, etc.
- *Self-quantification data*: são dados gerados e revelados pelos indivíduos que quantificam suas ações e comportamentos. Exemplo: dados coletados a partir de sensores sobre o exercício físico e, depois, transferidos à internet.

O manejo de *big data* demanda uma infraestrutura básica, seja de *software*, seja de *hardware*. Dessa última, pode-se citar as arquiteturas de processamento paralelo massivo (CAMARGO-VEGA; CAMARGO-ORTEGA; JOYANES-AGUILAR, 2015).

As bases de dados NoSQL ("*Not only SQL*") não apresentam o modelo das bases de dados relacionais. Têm o objetivo de gerir grandes volumes de informação, apresentando escalabilidade horizontal e utilizando a memória principal do computador. Têm como característica principal a estrutura distribuída (em diversas máquinas). Permitem, também, obter dados com maior velocidade, em comparação com as de modelo relacional (CAMARGO-VEGA; CAMARGO-ORTEGA; JOYANES-AGUILAR, 2015). Essas bases são mais flexíveis quanto ao uso de dados em formatos diferentes e de fontes externas, sendo mais apropriadas para implantação no contexto de cidades com sistemas altamente integrados, uma vez que dados externos devem ser bem utilizados. Exemplos de NoSQL atualmente utilizados são o DynamoDB utilizado pela Amazon, o Cassandra que serve ao Facebook e ao Twitter, Voldemort (LinkedIn), Google Big Table (Google), HBase, F. Riak, CouchDB,

MongoDB, BaseX. Esse tipo de banco apresenta grandes diferenças entre aplicação distintas, quando comparado aos bancos SQL em termos de arquitetura, tendo variações em formatos de dados, tipos de plataforma, tolerância e erro, arquitetura de transações, entre outras.

Em bancos tradicionais, a maior parte dos dados tende a ser interno, altamente estruturado e organizado (quando os bancos são bem construídos), sendo de grande uso ferramentas estatísticas convencionais. Essas podem fornecer *insights* sobre tendências e padrões de operação, uma vez que, dada a natureza controlada desses dados, diversas considerações podem ser feitas sobre as condições de coleta.

Devido à natureza mais aberta e desestruturada dos bancos NoSQL, uma grande quantidade de dados pode ser considerada relevante, apesar de serem de naturezas distintas, fazendo com que falsas correlações possam aparecer ou que conclusões verdadeiras sejam ignoradas pela inserção de dados de outros contextos ou apenas similares. Isso faz com que o uso de ferramentas estatísticas convencionais seja comparativamente mais limitado, criando a demanda por outras ferramentas de análise.

Outro ponto a ser considerado é a necessidade de analisar não apenas os comportamentos regulares, mas também os casos anômalos, que podem apresentar inovações críticas, tendências ou revoluções e cujo efeito pode ser dramático com o tempo.

Embora não seja o intuito deste trabalho discutir as ferramentas e os algoritmos computacionais mais relevantes para a atuação em diferentes bancos de dados, algo que deve ser analisado caso a caso, o reconhecimento do valor de novas técnicas de medição de dados é relevante para um uso mais eficiente das informações, para gerar inteligência e guiar atitudes gerenciais.

Os desafios da análise de *big data* são extrapolar os padrões correlacionados e explorar a casualidade. George; Haas e Pentland (2014) apontam duas aproximações para se analisar casualidade. A primeira é reconhecer a importância das teorias, partindo-se da intuição para guiar o desenvolvimento de argumentos teóricos; e a segunda, utilizar esses argumentos em pesquisas de campo para sua comprovação.

Seguem exemplos de tecnologias de análise de dados que atualmente implementam conceitos e técnicas de análise de *big data* (CAMARGO-VEGA, CAMARGO-ORTEGA E JOYANES-AGUILAR, 2015):

- *BigQuery* (Google): serviço *web* que permite análise interativa de enormes conjuntos de dados, É escalável e tem o objetivo de armazenar e consultar grande volume de dados não estruturados.
- *ThinkUp*: é necessário um servidor PHP e uma base de dados em MySQL. Com código aberto; extrai informações do Twitter, do Facebook, do Google+, etc.
- *Infosphere Streams* (IBM): permite análise de dados em milissegundos. Analisa e transforma em tempo real dados em memória, diferindo dos outros aplicativos, que primeiro fazem a gestão, o armazenamento e, só depois, a análise.
- *Biginsights Infosphere*: desenvolvida pela IBM para Hadoop; facilita o trabalho dos analistas de sistema.
- *System PureData* (IBM): permite a análise de *big data* em menos tempo que outras ferramentas de análise; trabalha com dados estruturados e não estruturados.
- *Infosphere Information Server* (IBM): plataforma de integração de dados. Permite limpar e transformar dados para entregar informação confiável ao negócio. Facilita a tomada de decisão; e ajuda o armazenamento de dados e reduz custos de operação ao permitir a relação entre os sistemas (proporciona a informação a outras aplicações e processos de negócio).
- *Sap Hana*: para análise de *big data*. Compõe-se de um *hardware* e um *software*; tem grande velocidade de processamento de dados; tecnologia *in-memory*, com maior desempenho que os modelos baseados em disco.
- *Oracle Big Data Appliance* (Oracle): combina um *hardware* e um *software*. É uma solução completa para implementar a organização de *big data*.
- *HDinsight* (Microsoft): permite a gestão de dados estruturados e não estruturados de qualquer tamanho.
- *Textalytics* (Daedalus): dedicado a análise de texto. Realiza tarefas de extração de conceitos, relação entre conceitos, correção ortográfica, etc.

O uso de *big data* favorece a melhoria de estratégias, ao fazer uso de novos conhecimentos. As tecnologias de *big data* permitem tornar os negócios mais ágeis, aderentes aos consumidores e entregar melhores produtos.

Os desafios são: i) a eficiência no armazenamento e no acesso a grandes quantidades de dados; ii) a multiplicação de grandes conjuntos de dados; e iii) modelos de gerenciamento de dados e metadados (SOUZA, 2013, p. 28).

Os passos para implementar o *big data* são os seguintes (CAMARGO-VEGA; CAMARGO-ORTEGA; JOYANES-AGUILAR, 2015):

- compreender as pessoas, os processos e os dados;
- compreender como os dados podem ajudar (ao conhecer os processos descobrem-se os problemas do negócio)
- definir metas alcançáveis;
- trabalhar em paralelo com o sistema que já está em funcionamento;
- ser flexível com as ferramentas e com a metodologia, pois as soluções ainda são novas; e
- manter o objetivo do uso de *big data*, pois é um processo de elevada complexidade técnica.

Entender as ferramentas de *big data* é essencial para operação de um centro integrado, sendo que cada vez mais o volume de dados necessário para a tomada de decisões embasadas pertence a esse escopo. O uso de ferramentas com funcionalidades similares às citadas nesta seção é essencial para as etapas de tratamento de dados dos processos propostos, uma vez que a análise em um centro efetivamente integrado deve levar em conta dados de diversas fontes e sua extração deve se adaptar às necessidades do gestor, trabalhando frequentemente com grande volume de dados.

3.7 DATA MINING

Dentro do contexto dos *big data*, uma das questões mais relevantes para o uso eficiente das informações coletadas é a busca por relações e informações relevantes para a solução dos desafios gerenciais. O termo *data mining* (mineração de dados) explicita a semelhança desse processo com o de extração de minérios, considerando

que, dentro de uma mina, existe grande quantidade de matéria de menor valor e o trabalho do minerador é extrair os minerais valiosos, separando-os dos comuns. Essa analogia ressalta a importância de ferramentas que, dentro de um grande volume de dados comuns, encontrem elementos de valor. Mas, ao contrário do que o nome possa indicar, não se buscam normalmente os dados por si só, porém padrões, informações e relações valiosas que possam ser extraídos desses.

No contexto da ciência da informação, *data mining* é uma área interdisciplinar, na interseção de inteligência artificial, aprendizado de máquina, estatística e sistemas de banco de dados (CHAKRABARTI et al., 2006). Atualmente, o termo é muitas vezes utilizado erroneamente, como jargão para tratar de qualquer tipo de análise com grande volume de dados.

A tarefa de fato da atividade de *data mining* é a análise ao menos semiautomática de grande quantidade de dados para (FAYYAD; PIATETSKY-SHAPIRO; SMYTH, 1996; WU et al., 2014):

- extração de grupos de dados (análise de cluster);
- detecção de registros não usuais (detecção de anomalias);
- identificação de relações de dependência (mineração de regras de associação);
- classificação (por exemplo, seleção automática de *e-mails* entre *spam* e não *spam*);
- regressão, para a inferência de funções matemáticas que permitam modelar o comportamento dos dados; e
- sumarização, para o fornecimento de representação mais compacta das informações do conjunto de dados.

Cada um desses processos contribui com o potencial de dados para gerar conhecimento, transformando grande quantidade de variáveis medidas de pouco valor gerencial em informações mais significativas, analisando e compilando volumes de dados de forma e em velocidades inviáveis na execução manual.

Um exemplo significativo de aplicação conjunta de *data mining* e *big data* foi o levantamento de centenas de comentários realizados por usuários da Amazon.com por meio de ferramentas de mineração de texto, que, segundo os autores, conseguiu

significativo poder preditivo de variações de demanda e do comportamento dos usuários, superior à análise estatística das variáveis numéricas (ARCHAK; GHOSE; IPEROIGS, 2011).

Neste trabalho, é proposto o uso de ferramentas de mineração de dados tanto para a análise de entrada quanto para a extração de dados de forma mais inteligente e eficiente em uma estrutura acessível.

3.8 COMPUTAÇÃO EM NUVEM

Uma das maneiras mais utilizadas para operar uma estrutura de dados capaz de agregar grande volume de dados e incorporar ferramentas de *big data* e *data mining* é a computação em nuvem. Apesar de realizar funções de forma similar à de estruturas locais de dados, a facilitação da operação, a independência de local (fácil acesso remoto) e a terceirização de tarefas não relacionadas diretamente aos objetivos da gestão tornam essa opção atrativa.

A computação em nuvem tem características estruturais diversas daquelas da computação tradicional, especialmente devido à falta de entidade computacional física identificável. Esse conceito trata dos serviços de dados e processamento computacionais feitos via internet. Enquanto um computador pessoal ou mesmo um servidor tradicional tem um endereço físico reconhecível, contendo elementos de *hardware* de processamento e armazenamento conhecidos que permitem a localização física de dados e computações, devido a características de segurança e duplicidade de dados, a nuvem realiza essas tarefas sem que se saiba onde os dados estão fisicamente localizados ou em que estrutura física, "dentro da nuvem", essas análises estão sendo realizadas.

Para a instalação de uma infraestrutura local de dados, é necessário alocar espaço, criar passagens para cabeamento, disponibilizar energia de forma ininterrupta, dispor de equipe técnica especializada para implantação, operação e manutenção, entre outros detalhes que demandam tempo, pesquisa e gerência. No caso da computação em nuvem, esses fatores estão inclusos no serviço e embora ainda haja decisões referentes a contratação e requisitos técnicos, a gestão é muito simplificada (ARMBRUST et al., 2010). A instalação de um sistema físico leva de dias a meses. Um serviço de nuvem pode ser contratado e disponibilizado em minutos.

Esse tipo de solução permite a contração de maior capacidade computacional ou de armazenamento, de acordo com a demanda (ARMBRUST et al., 2010). Em uma infraestrutura local de dados, caso se necessite de um aumento, deve haver compra, adequação e implantação de *hardware*, independentemente da natureza da demanda, que pode ser temporária ou sazonal.

Outra questão relevante é a facilidade de virtualização de serviços (ARMBRUST et al., 2010). Ao se contratar uma grande operadora de computação em nuvem, muitas das ferramentas necessárias para disponibilização de informações e dados online, tanto para usuários dos bancos de dados quanto para acessos externos, já foram desenvolvidas e estão à disposição dos usuários. A atualização dessas ferramentas é constante, algo que demanda trabalho especializado, quando essas tarefas são realizadas por equipes próprias ou contratadas de terceiros.

No contexto deste trabalho, a computação em nuvem é uma ferramenta que torna viável muitos dos processos de medição, especialmente de troca de informações entre diferentes bancos de dados, conferindo agilidade, tanto à coleta e tratamento de dados, quanto ao uso de relatórios.

3.9 RFID E SENSORIAMENTO

Baseada em tecnologia de energização passiva, em que a fonte de energia é externa ao emissor de sinal do dispositivo, a identificação por radiofrequência é baseada nos *transpoders* inicialmente desenvolvidos para uso militar (CARDULO, 2003). O primeiro antecessor moderno do RFID (*Radio-Frequency Identification*, "identificação em frequência de rádio") foi desenvolvido por Mario Cardulo e patentado em 23 de janeiro de 1973, consistindo em um rádio passivo *transponder* com memória.

O sistema consiste em um dispositivo de memória e transmissão passiva de baixo custo localizado no objeto a ser identificado, principalmente veículos, que contém informação sobre esse, chamado *tag* ("etiqueta de identificação", em português). O segundo elemento é o dispositivo de leitura que fornece a energia através da interação de campo eletromagnético com o *tag*. Os *tags* dos sistemas de RFID têm baixo custo, e podem ser usados em larga escala sem grandes dificuldades. No entanto, os dispositivos de leitura têm custo mais elevado, embora ainda baixo em comparação

com outros dispositivos de identificação automática, fazendo com que sua alocação seja mais limitada (CARDULO, 2003; PAUL; MALHOTRA, 2013).

Esse tipo de sistema encontra usos em diferentes áreas que podem ser adaptados à mobilidade urbana. Figueiredo et al. (2014) propõem o uso dessa tecnologia conjuntamente com aplicativos para o controle de pequenas embarcações em portos. Uma aplicação similar poderia controlar, por exemplo, a entrada de veículos de carga em grandes cidades.

No contexto de cidades inteligentes, os sistemas de RFID têm muitos usos distintos, da área ambiental até os transportes (LUVISI; LORENZINI, 2014). A principal função dessa tecnologia é a captura de informação de fluxos e comportamentos. Veículos com *tags* podem ser utilizados para captura e modelagem de comportamentos de tráfego, vagas de estacionamento inteligentes, aplicações na área da saúde e gerenciamento de ativos públicos (HANCKE; SILVA; HANCKE JR., 2012).

O controle e a compreensão do fluxo de tráfego, o pagamento unificado de pedágios, a verificação de rodízio veicular e até possíveis implantações de áreas restritas para tipos específicos de transporte, como corredores de ônibus e faixas para ciclistas, podem ser fiscalizados e controlados com auxílio dessa tecnologia. Um cenário de monitoramento de tráfego com o uso de RFID é apresentado na Figura 11.

Figura 11 — Um cenário de monitoramento de tráfego utilizando RFID.

Fonte: Paul; Malhotra (2013).

Um projeto piloto de sistema de transporte inteligente localizado em Santander, na Espanha, conta com mais de 2 mil *tags* RFID para monitorar o trânsito e a cidade. Entre as funcionalidades dessa aplicação, estão prever e informar a chegada de ônibus em seus pontos, verificar o número de vagas disponíveis em estacionamentos e transferir informações de tráfego através de aplicativos nos celulares dos moradores (EDWARDS, 2013).

3.10 CONTROLE SEMAFÓRICO

Uma das ferramentas de engenharia de tráfego mais relevantes para a atuação sobre o fluxo de veículos são os semáforos. Esta seção descreve a evolução dos sistemas semafóricos, o caso nacional e o da capital paulista além de seu desenvolvimento para contribuir com sistemas de transporte inteligentes.

Os equipamentos para controle do direito de passagem dos movimentos de veículos e pedestres, em interseções em nível, comumente conhecidos como semáforos, inicialmente operavam de forma manual. A primeira notícia sobre equipamento de operação autônoma refere-se a um equipamento utilizado em Londres, junto ao Parlamento inglês, no ano de 1868, semelhante aos de sinalização ferroviária, que utilizava lâmpadas a gás. Em 1913, em Cleveland (EUA), foi inventado o primeiro semáforo elétrico como hoje é conhecido, que utilizava duas cores, vermelho e verde, e uma buzina para anúncio da mudança da informação luminosa. Essa invenção aparece como sendo a origem do semáforo com três cores, que se propagou para todo o mundo no começo da década de 1920 (PIETRANTONIO; BONETTI, 2003).

A evolução dos equipamentos de controle semafórico ao longo do tempo incorporou maior eficiência na gestão e no controle do tráfego, associados às variações das condições operacionais do sistema viário. Nas cidades norte-americanas, os semáforos interligados (manualmente) começaram a ser utilizados em 1917; em seguida, um sistema progressivo automático foi introduzido e, em 1928, os primeiros semáforos atuados foram instalados.

No Brasil, a evolução do controle semafórico desenvolveu-se a partir de experiências de outros países, principalmente a partir da década de 1970. Alguns controladores eletromecânicos instalados na época, a maior parte fabricada pela empresa Sociedade Brasileira de Sinalização (Sobrasin), foram largamente utilizados por longo

período. Esses equipamentos só podiam receber uma programação de tempos para operarem durante todos os dias da semana, o que impossibilitava ajustes para as diversas condições de intensidade de tráfego que ocorrem ao longo do dia e da semana. Em meados daquela década, com a criação da Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), houve a introdução de novos controladores eletromecânicos multiplanos, a tempo fixo, da fabricante norte-americana Eagle Signal Corporation, comercializados aqui com a marca "ENGETRAN". Esses equipamentos permitiam programar várias temporizações ao longo do dia, de acordo com as intensidades dos fluxos de veículos obtidas mediante contagens de tráfego e também programar redes coordenadas. Em 1978, havia em São Paulo cerca de 2.050 cruzamentos semaforizados, todos com equipamentos controladores eletromecânicos.

Em 1980, com as novas ações de gestão do trânsito realizadas pela CET, entrou em operação um sistema de controle centralizado de semáforos, adequado ao estado da arte da tecnologia daquela época, denominado Projeto SEMCO — Semáforos Coordenados por Computador. O sistema utilizava controladores eletrônicos, de origem inglesa, fabricados pela Plessey. O projeto abrangia por volta de 400 cruzamentos semaforizados ao longo da região central da cidade e dos principais eixos arteriais. O sistema tinha seu computador central instalado no Centro de Controle de Semáforos situado na rua Bela Cintra, onde também foi implementada a Central de Controle Operacional de Trânsito de São Paulo, para monitoramento integrado e gestão de todas as ações das operações de atendimento a incidentes, como também para acionamento e despachos de equipes de serviços de manutenção corretiva da sinalização viária.

Além do Projeto SEMCO, o processo de modernização tecnológica da indústria nacional investiu no desenvolvimento de controladores eletrônicos. Inicialmente, em 1978, houve desenvolvimento e teste de um controlador atuado pelo tráfego, de fabricação nacional, realizado em conjunto pela CET paulistana e pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT), com apoio/convênio da EBTU. O fabricante desenvolvedor do produto foi a Digicon, tendo início, a partir dessa empreitada, o surgimento de uma série de empresas nacionais fabricantes de equipamentos controladores eletrônicos, com destaque, no parque de semáforos instalados em São Paulo, dos controladores de tráfego fabricados pelas empresas

Digicon, Tesc e Brascontrol. Atualmente, além desses fabricantes, destacam-se no mercado nacional a Dataprom e a Greenwave.

A técnica de utilizar o controle semafórico atuado pelo fluxo de veículos, nos moldes mais tradicionais, foi a primeira forma de funcionamento sensível às variáveis de tráfego, mensuradas por meio de detectores. Desde o início, o modo de controle semafórico atuado pelo movimento de veículos não tem sido utilizado em larga escala no Brasil, exceto pelo uso para estágios específicos de travessia de pedestres acionados por botoeira. Em parte, este fato deve-se ao custo de instalação e manutenção dos detectores (em geral, laços indutivos instalados sob o pavimento), à falta de conhecimento disseminado entre os técnicos sobre seu uso e a programação de parâmetros do controlador, para ser acionado em função da intensidade do tráfego, e à ausência de recursos mais avançados nos equipamentos nacionais. Parece ter-se formado um círculo vicioso entre a falta de aplicação do modo de controle atuado pelo tráfego e a falta de desenvolvimento das técnicas e equipamentos nacionais.

Já em meados da década de 1990, com o avanço da tecnologia de controle de tráfego, foi introduzido na cidade de São Paulo o sistema de controle semafórico em tempo real, também chamado de Semáforos Inteligentes, tendo sido construídas cinco Centrais de Controle de Tráfego em Área (CTAs), localizadas de forma estratégica para atendimento das regiões com tráfego mais saturado e distribuídas em função das dimensões da cidade. Esse projeto teve como ponto central um sistema de detecção de veículos, que coleta/envia informações para os computadores centrais instalados em cada uma das CTAs, a partir do que o programa instalado nesses computadores analisa e define o tempo semafórico mais adequado para aquele momento, devolvendo para o controlador do semáforo a temporização conforme a necessidade da hora no local. Esse tipo de controle é chamado de sistema de controle de tráfego adaptativo em tempo real.

O projeto Semáforos Inteligentes abrangeu aproximadamente 1,5 mil cruzamentos, que foram fornecidos e instalados por três diferentes empresas Siemens, Peek Traffic e Telvent. Uma das questões dessa fase inicial de semáforos inteligentes foi a falta de compatibilidade entre fabricantes, forçando a compra de novos equipamentos e impedindo a comunicação entre sistemas de diferentes produtores.

Os motivos que deram origem a essa situação de dependência de exclusividade com os fabricantes originais foram: os protocolos de comunicação do controlador semafórico/central eram fechados e proprietários; e as funcionalidades operacionais eram particulares para cada fabricante.

Em 29 de março de 2013, foi publicada a Portaria SMT 028/2013, que estabelecia o padrão de comunicação de controladores semafóricos e centrais de tráfego a ser adotado na cidade de São Paulo. Este padrão foi o UTMC (*Urban Traffic Management Control*). Posteriormente, em 17 de janeiro de 2014, aquela portaria foi reeditada sob o número SMT 02/2014, acrescentando-se também o protocolo NTCIP (*National Transportation Communication for Intelligent Transportation System Protocol*). Esse padrão é chamado de "protocolo aberto".

Dessa forma, foi criada a situação para que fabricantes nacionais e internacionais pudessem desenvolver seus controladores nesses novos padrões (NTCIP e UTMC), fato que está ocorrendo com empresas nacionais como Brascontrol, Digicon, Tesc, Greenwave, Serttel, Telvent e Dataprom.

Na Europa e nos Estados Unidos, o avanço tecnológico dos equipamentos de controle e monitoramento do tráfego demonstra a preocupação do gestor público com a avaliação permanente e contínua da condição de operação do sistema viário. Verifica-se que, além da atualização tecnológica, há também preocupação com a manutenção da garantia do funcionamento contínuo desses sistemas.

Pode-se afirmar que o sistema de semáforos da cidade precisa funcionar adequadamente, de maneira continuada, sem interrupções decorrentes de falhas, o que depende da correta manutenção dos equipamentos. Destaca-se a importância e a atenção ao sistema de controle semafórico pelo menos nos seguintes aspectos:

- manutenção — o sistema de manutenção preventiva envolve os elementos componentes de todo o sistema semafórico, desde o controlador até as instalações elétricas, os grupos focais e os detectores e da conectividade para comunicação com as centrais de monitoramento e controle;
- controle centralizado — a comunicação centralizada de todos os elementos de controle de tráfego é fundamental para minimizar os tempos de atendimento às ocorrências de falhas e interrupções do funcionamento dos semáforos;

- estratégias de controle atualizadas — de acordo com a condição de circulação da via, com a densidade de pedestres que utilizam as vias, com a existência de corredor de transporte coletivo e a necessidade de priorização da passagem do transporte coletivo nos semáforos, com a intensidade do tráfego geral, com a existência de veículos pesados de carga, entre outros, tais estratégias implicam benefícios para a cidade, com relação a segurança e fluidez do tráfego.

A cidade precisa de investimentos continuados na manutenção e na atualização tecnológica dos sistemas de controle semaforicos, pois o crescimento e a dinâmica urbana não param e necessitam a devida atenção, conforme se pode perceber em função dos indicadores e análises já apresentadas.

3.11 INICIATIVAS INOVADORAS EM MOBILIDADE URBANA

Além das iniciativas de melhoria da mobilidade urbana propostas e implementadas por cidades, o setor privado e as agências de outras esferas governamentais também mostram casos de interesse para o desenvolvimento do setor.

Através de aplicativos móveis e sistemas computadorizados, diversos exemplos inovadores de uso de informação estão atualmente disponíveis: sistemas de navegação ligados a redes sociais que permitem estimativas em tempo real do trânsito da cidade, oferecendo rotas alternativas mais rápidas aos usuários; sistemas elaborados para que usuários encontrem motoristas de carros de bom padrão para contratá-los por viagem; uma iniciativa nacional tem intenção de instalar *tags* em veículos de forma a evitar roubos e garantir uma fiscalização mais eficaz, dentre outras funcionalidades; e uma plataforma que incorpora em tempo real as opções de transporte público minimizando tempo de viagens. Muitos outros estão surgindo, alguns com potencial significativo de influência sobre o sistema.

Apesar de não estarem diretamente sob controle dos municípios, essas iniciativas os afetam de forma direta. Não estar sob controle direto não quer dizer que os municípios devam assumir uma postura passiva, pelo contrário. É importante conhecê-las para que se pense em ações não apenas para adaptar-se a tais iniciativas, mas para incluí-las tanto quanto possível como participantes do processo de melhoria dos sistemas de mobilidade urbana (GONÇALO; DIAS, 2016).

Ainda assim, pode-se destacar o papel que o financiamento adequado tem no desenvolvimento de tecnologias inovadoras (LOPES et al., 2006). É possível, mediante incentivos direcionados às áreas significativas de mobilidade, tornar os órgãos públicos mais participativos na inovação.

A seguir, são descritas algumas das principais ferramentas e propostas que afetam ou têm grande potencial para afetar e tornar mais inteligentes os sistemas de transportes.

3.11.1 SINIAV

No Brasil, outro exemplo de aplicação de RFID é o projeto do Sistema Nacional de Identificação Veicular (SINIAV), que, com o uso de um *tag* instalado nos para-brisas de todos os veículos do país, pretende ser capaz de expandir o controle e a segurança do setor brasileiro de transportes. Com instalação prevista para janeiro de 2016 (prazo novamente não cumprido e já fruto de adiamento do anterior, janeiro de 2015), o sistema, além dos usos descritos nos sistemas de RFID, poderá auxiliar a recuperação de veículos furtados, uma vez que, após o furto, seria possível identificar o veículo e enviar sua localização para as autoridades competentes.

Outra modalidade de medição ainda pode surgir com o uso dessa tecnologia: a multa por velocidade média, uma vez que o sistema pode guardar informações de tempo, calcular a velocidade média de veículos e os autuar, se excederem os limites legais (SINIAV, 2015).

Além dos usos diretos do sistema, é possível utilizar as informações que esse disponibiliza para melhorar a eficiência de sistemas correlatos, do replanejamento de tráfego ao controle de semáforos.

Dado o grande alcance e o impacto do Sistema Nacional de Identificação Veicular, não se pode pensar em inovações na área dos transportes urbano ou rodoviário sem considerar não apenas a compatibilidade com o SINIAV, mas também como usar esse grande volume de dados para melhorias e aprimoramento contínuo dessa área.

A Figura 12 apresenta uma explicação do funcionamento do sistema.

Figura 12 — Funcionamento do sistema SINIAV.

TRANSMISSÃO DE DADOS VIA SINIAV

Entenda como as informações chegam aos policiais

Fonte: Rabello (2010).

A implantação dos sensores na frota nacional de caminhões foi agendada para ter início no final de agosto de 2016, sendo concluída sua primeira etapa em novembro de 2017 e continuando o registro até 2020 (DETRANS E ANTT DEBATEM..., 2016).

3.11.2 Waze

Um dos aplicativos mais revolucionários no uso de informação para mobilidade é o navegador Waze. Em comparação com sistemas anteriores de navegação via GPS, o aplicativo inova ao utilizar dados dos diversos usuários conectados, possibilitando a estimativa de congestionamento e, dado um número suficiente de usuários em uma localidade, fornecer um percurso otimizado para os motoristas.⁶

O Waze não apenas coleta dados de posicionamento dos usuários, mas também os estimula a alimentar sua base de dados com relação a acidentes, buracos, situações de perigo e até bloqueios e fiscalizações policiais. O uso de algumas dessas informações tem caráter ético questionável: informações sobre a posição de ações

⁶ Sobre o aplicativo Waze, ver <https://www.waze.com/pt-BR/>.

policiais pode estimular a impunidade e até auxiliar criminosos a escapar com carros roubados (REIS, 2015).

O aplicativo promove a troca de informações não apenas com os usuários, mas também com prefeituras, empresas de transporte público e departamentos de transporte. Através dessas parcerias, o aplicativo agrega valor a seu serviço, adicionando informações sobre obras, paralisações, eventos, vias obstruídas e avisos de caráter público, entre outros. Essas instituições, em contrapartida, recebem informações do aplicativo, podendo utilizar esses dados para tomada de decisões mais informadas (STERN, 2016).

Um subproduto do uso do Waze é a redistribuição de veículos nas vias — por um lado, ao promover uso mais bem distribuído e, por outro, ao favorecer o tráfego em áreas residenciais. Esse tema gerou polêmica na cidade de Los Angeles, onde moradores de um bairro de alto padrão começaram a colocar avisos falsos para impedir essa redistribuição (WILLIAMS, 2014).

Seja para redundância ou para ampliação da coleta de dados, aplicativos que dispõem de uma base de dados similar e tal capacidade de comunicação com o cidadão têm grande potencial de contribuição.

3.11.3 Uber

O Uber é um aplicativo de prestação de serviços por meio do qual proprietários de carros que atendam a determinado padrão de qualidade podem utilizar seus veículos para transportar passageiros, um segmento antes explorado quase exclusivamente por táxis.⁷

Seu funcionamento inclui alguns diferenciais. Além do pré-requisito de padrão dos veículos dos prestadores de serviço, o aplicativo mostra o tempo exato que o veículo levará para chegar ao destino, permite que os usuários solicitem o serviço para horários predeterminados e tem um sistema próprio de pagamento que facilita as transações.

---

⁷ Sobre o aplicativo Uber, ver <https://www.uber.com/pt-BR/>.

Esse aplicativo faz uso de troca de dados em tempo real e compartilhamento voluntário de informações, possibilitando novo tipo de exploração do conjunto viário, similar àquele praticado por táxis, mas com um modelo de negócio diferenciado e capacidade de adaptação à variação de demanda.

3.11.4 Moovit

O Moovit é um aplicativo de trânsito que agrega informações de diferentes modais de transportes e indica os melhores trajetos para o uso de transporte público. É o mais utilizado no mundo relacionado aos modais públicos. De forma geral, esse aplicativo funciona de maneira similar a um navegador GPS, mas, em vez de curvas e intersecções, indica linhas de ônibus e metrô, pontos de desembarque e baldeações.⁸

O usuário precisa apenas escrever o endereço aonde quer chegar. O aplicativo o guia até o ponto em que deve esperar pelo transporte público, informa o ponto de desembarque ou troca de veículo e como chegar a seu destino final depois do ponto de descida. Além disso, esse aplicativo fornece informações como tempos de espera e duração de viagem, localização do transporte e tempo de espera entre as trocas de veículos.

A inovação do aplicativo está em suas ferramentas de *crowdsourcing*. Anos antes do lançamento do Moovit, o Google já fornecia um serviço de sugestão de trajeto, utilizando meios públicos de transporte, no entanto esse serviço cruzava informações de rotas e horários sem levar em conta o atual estado desses meios de transporte. O Moovit utiliza informações disponibilizadas pelos usuários para oferecer-lhes, em tempo real, estimativas de espera e agrega essa variável em sua lógica de criação de rotas. Essa funcionalidade contribui para que o usuário consiga de fato o caminho mais rápido.

Caso seja possível uma parceria com esse aplicativo, a gestão de mobilidade urbana pode conseguir informações valiosas, não apenas quanto à disposição momentânea dos meios públicos de transporte, mas também quanto à análise dos comportamentos e das rotas dos usuários. A distância que esses percorrem entre partirem para seus destinos e os pontos de destino, por exemplo, pode contribuir com a melhor

---

⁸ Sobre o aplicativo Moovit, ver <http://moovitapp.com/pt-br/>.

distribuição de paradas. A observação dos principais pontos de troca de meio pode levar a políticas de baldeação e de coordenação de horários mais eficientes. Dados sobre o tempo de espera dos usuários podem auxiliar em decisões sobre ampliações de linhas. São muitos os usos que um conjunto de dados mais completo sobre os usuários de transporte público podem ter, especialmente devido à maior controle da gestão de mobilidade nesses modais com relação aos particulares.

Esse aplicativo é mais um exemplo de geração de valor baseado no compartilhamento de informações cedidas oficialmente.

4 GESTÃO E MODELAGEM POR PROCESSO DE NEGÓCIO

Uma das ferramentas mais adequadas para a gestão e a modelagem no campo da mobilidade urbana é a de processos de negócio. Esse tipo de ferramenta é capaz de lidar nativamente com participações externas e interrupções na forma de eventos, além de expressar os processos de forma clara para compreensão e utilização pelos participantes.

A operação de sistemas de mobilidade urbana conta com vasta gama de atores, alguns diretamente ligados à mobilidade — como empresas de transporte público, agentes de trânsito e empresas de desobstrução de vias — e outros relacionados com os responsáveis pela segurança, os prestadores de serviço de emergência, e também os usuários. Essa miscelânea de participantes é um dos elementos que confirma a importância da integração da gestão nesse tipo de sistema, uma tarefa desafiadora. Para criar um modelo de trabalho que permita a gestão e o acompanhamento da participação de todos esses atores, a modelagem dos processos envolvidos tem grande valor, especialmente para garantir a qualidade de operação, bem como o registro e a redução de erros.

Diferentes organizações têm uma parcela significativa de suas atividades internalizadas. Mas, no caso de um centro integrado de gestão urbana praticamente todas as intervenções são realizadas por terceiros, o que gera um modelo de trabalho com características singulares. Em essência, tanto a entrada quanto a saída desse Centro são informações: entram dados de congestionamento, câmeras, chamadas telefônicas e informações meteorológicas; e saem chamadas de serviço, informações de rotas, pedidos de atendimento e alteração da operação de semáforos, entre outros.

Quais são os processos envolvidos nessas operações, uma vez que as atividades finais são, na maioria, realizadas por agentes externos?

Levando isso em conta, pode-se inferir que um centro integrado atua como observador e informante enquanto não houver ocorrências. Suas atribuições em condições ideais, que de fato nunca ocorrem, seriam principalmente a manutenção de sua capacidade de observação e de comunicação externa, além do acompanhamento e da análise do estado da mobilidade urbana.

No entanto, em cidades de médio e grande porte, existe alta frequência de eventos de diversas naturezas e o principal desafio de um centro integrado é a resposta eficiente a essas ocorrências tão rapidamente quanto possível. Nessas condições, os processos são respostas a eventos, que determinam quem, como, em qual ordem os atores devem ser notificados e quais dispositivos de controle de mobilidade devem ser acionados. A demora na resolução dessas ocorrências tem um impacto negativo na mobilidade e o processo é no máximo tão rápido quanto seu subprocesso mais demorado. A falha em acionar um dos agentes para a solução da ocorrência pode aumentar significativamente o tempo de resolução.

A utilização de ferramentas do arcabouço da gestão por processos é a escolha lógica para um sistema que lida com tantas interrupções. A falta de repetitividade e continuidade no contexto estudado, aliada à grande quantidade de tipos de ocorrências, faz com que, sem uma análise estruturada de possíveis respostas e uma definição clara e de fácil acesso e uso dos procedimentos a serem tomados, a operação fique demasiadamente susceptível a erros humanos. Vale notar que, devido à quantidade inumerável de eventos possíveis, é necessária a criação de processos que incluam não apenas tomadas de decisão por parte dos operadores e/ou respostas automáticas do sistema, mas também a requisição de acompanhamento de níveis hierárquicos superiores, o acionamento de alarmes de diferentes níveis de urgência e até a reunião, em situação de crise, de equipes de trabalho interdepartamentais. Essas atividades devem ser registradas e rastreáveis.

Ao se projetar modelos de trabalho com o intuito de incorporar novas tecnologias e/ou torná-los mais eficientes, é preciso modelá-los de alguma maneira. Muitas vezes, essa modelagem é informal, como uma explicação verbal para o colaborador ou grupo de colaboradores; algumas vezes é composta de descritivos e listas de atividades; e outras vezes ainda utiliza linguagens estruturadas de representação. Nesses três casos, existe uma modelagem, que pode ser explícita ou não, e a própria explicação do novo processo propõe alteração ou criação de modelos mentais de trabalho. Para que seja possível expressar os atuais estados de trabalho e propor novos de forma clara e compreensível, diversos métodos de representação estruturados foram criados, entre os quais a modelagem por processo de negócio, ou, no original em inglês, *Business Process Modeling* (BPM).

A escolha do BPM para a modelagem, neste caso, se justifica por diversos fatores. Primeiramente, adota uma forma de notação bem estabelecida e com regras bem definidas, que permitem a expressão de forma clara das ocorrências do sistema em estudo. O segundo motivo é a ênfase em gatilhos de processo, que possibilitam trabalhar com interrupções devidas a diferentes eventos e colocar como parâmetros de saída o acionamento de outros órgãos. Esse sistema de modelagem adapta-se bem à necessidade de padronização e reprodutibilidade de processos, propiciando ainda a agregação de múltiplas saídas por processo, algo essencial para a modelagem de um acidente com vítima, por exemplo. A visibilidade e o alcance desse processo aumenta a sobrevivência de modelagens realizadas nesta base.

4.1 GESTÃO POR PROCESSO DE NEGÓCIO

A gestão por processo de negócio considera como elementos-chaves os processos executados dentro de uma organização que gerem valor para os envolvidos. Existem dois antecessores intelectuais primários: o controle estatístico de processos e a reengenharia de processos.

O primeiro, o controle estatístico de processos, levou ao desenvolvimento do movimento moderno de qualidade. É responsável pelo deslocamento do foco de análise de melhoria do colaborador para o processo e por medidas de desempenho baseadas em opiniões e impressões para métricas tão palpáveis quanto possível. Com relação à modelagem por processo de negócio, no entanto, apresenta duas limitações importantes: a definição de projeto como qualquer sequência de atividades de trabalho, o que leva a uma quantidade infindável de microprocessos, muitos dos quais irrelevantes para a geração de valor (como, por exemplo, o processo de colocar caixas de partes em prateleiras); e o foco em redução de variabilidade e consistência na entrega, o que não se traduz diretamente em bom resultado.

O segundo antecessor intelectual, a reengenharia de processo, contribui no sentido de definição de processos como atividades de ponta a ponta da organização, que geram valor para os clientes, e também na mudança de foco da execução de processo para o seu projeto. Assim como no caso do controle estatístico, a reengenharia apresentava limitações: a falta de preocupação no rigor das métricas e seu caráter

episódico, faltando-lhe a perspectiva de melhoria continuada (MICHAEL HAMMER, 2010).

Em essência a gestão por processos de negócios está pautada na junção desses dois antecessores, levando em conta o foco em processos, considerando métricas palpáveis, definição de processo relacionada à criação de valor, foco no projeto de processo e melhoria continuada, ou seja, o acompanhamento constante dos processos envolvidos.

No livro *Handbook of process management* são apresentados artigos que descrevem o funcionamento do gerenciamento por processo de negócio. Em seu artigo, Hammer (2010) cita pré-requisitos para a implantação desse tipo de gestão: *design* de processo, métricas de processo, atores de processo, infraestrutura de processo e proprietário de processo. *Design* e métricas de processo referem-se ao projeto dos processos; atores, aos colaboradores e participantes envolvidos, o que requer capacitação no sentido de formar equipes através de diferentes áreas e certo nível de autogestão; infraestrutura diz respeito ao uso de tecnologia da informação e recursos humanos de suporte; o proprietário reforça a ideia de que deve haver responsáveis ligados a cada processo ou ocorrência de processo. O último elemento lida com dificuldades gerenciais resultantes de silos de responsabilidade, quando um processo transcende um único departamento e aproxima os interesses do responsável com os objetivos da organização. O foco deste trabalho está na adaptação do *design* para adequação de processos a novas tecnologias em um conceito interligado de gestão de mobilidade.

Davenport (DAVENPORT, 2010) alega que os trabalhos de carácter intelectual a serem gerenciados e consequentemente modelados como processos, podem ser divididos em quatro quadrantes, conforme a Figura 13. O autor defende que os trabalhos mais facilmente traduzidos em processos são aqueles do terceiro quadrante, dentro do modelo transacional, e os mais desafiadores consistem nos do segundo, referente ao trabalho de colaboração. Propõe-se que os problemas referentes a um sistema integrado de gestão urbana estejam localizados no primeiro quadrante, sendo verdadeiras todas as características, uma vez que é interessante tornar as respostas mais sistemáticas, dependente de processos formais e trabalhando amplamente com integração com outros órgãos. Esse tipo, juntamente com o uso de ferramentas de

tecnologia da informação, pode se beneficiar do uso de ferramentas de gestão por processo.

Figura 13 — Relação entre nível de interdependência e complexidade do trabalho.

Fonte: Davenport (2010).

4.2 A MODELAGEM POR PROCESSO DE NEGÓCIO

Dentro da gestão por processo de negócio, a modelagem é essencial para que os processos a serem gerenciados sejam conhecidos, mas seu valor transcende este paradigma de gestão (POLYVYANYYY; SMIRNOV; WESKE, 2010; RUMMLER; RAMIAS, 2010).

Harmon (2010) divide a gestão por modelo de negócio em três diferentes tradições: de gestão, de qualidade e de tecnologia da informação. Dentro da terceira tradição, descrita na Figura 14, existem as ferramentas de modelagem de processos e mais recentemente o Business Process Modeling Notation (BPMN), a notação de modelagem de processo de negócio.

Embora seja um dos pontos necessários para a gestão por processo de negócio, praticamente todo processo pode se beneficiar de um desenho planejado e

estruturado, esteja a organização aplicando ou não este tipo de gerenciamento (HAMMER, 2010). A modelagem estruturada dos processos de uma organização gera por si só uma reflexão sobre a atual operação, porém, quando aliada a novas tecnologias e paradigmas estratégicos, pode causar mudanças significativas na cadeia de geração de valor. Os autores do artigo "*A framework for defining and designing the Structure of Work*" (RUMMLER; RAMIAS, 2010) descrevem a importância da modelagem como praticamente autoevidente e, embora citem outros autores para corroborar sua afirmação, alegam ser desnecessário reafirmar seu potencial valor. A Figura 14 ilustra a evolução dos conceitos relacionados à gestão por processos de negócio.

Figura 14 — Evolução dos conceitos de tecnologia da informação e gestão associados à gestão por processo de negócio.

Fonte: Hammer (2010).

Além da necessidade do *design* adequado de processos a serem executados e sua respectiva representação em modelos, muitas vezes é interessante também a modelagem da maneira como os processos são realizados antes da implantação de melhoria. O modelo "*as is*", que descreve os processos como são realizados atualmente, pode servir de base para promover a melhoria e tornar visíveis suas etapas de implantação para alcançar o modelo "*to be*", descrevendo em qual processo se quer chegar (REIJERS; MENDLING; RECKER, 2010).

Outra preocupação fundamental, ao trabalhar com modelos, está em seu compromisso com a realidade e seu nível de detalhamento. Ao se realizar um trabalho, o número de pequenas ocorrências e subetapas de um processo podem ser relevantes para sua correta execução, no entanto, para a apresentação do funcionamento de uma atividade da organização para executivos ou investidores, esses detalhes são muitas vezes não apenas desnecessários, mas também danosos. Um dos paradigmas de gestão de processo de negócio é considerar processos de geração de valor, o que distancia sua aplicação daquela de simples procedimentos e a aproxima mais de diretrizes mensuráveis de trabalho.

Além desses elementos, é necessário, para a comunicação adequada e fácil visualização, tanto no nível operacional quanto no estratégico, utilizar uma linguagem que permita representação fiel (dentro dos níveis adequados à operação da organização), clara e consistente. Para tanto, foram criadas diversas maneiras de representar os processos envolvidos e, embora as três características possam ser obtidas por meio do desenvolvimento de uma forma própria de notação, especialmente ao se tratar de reuniões e comunicação rápida de ideias, dificilmente são adequadas para a formalização dos processos de uma organização. Entre as formas de notação mais atuais e de ampla aplicação, está a BPMN.

4.3 *BUSINESS PROCESS MODELING NOTATION* (BPMN)

Desenvolvida inicialmente em 2004 para atender às demandas da gestão por processo de negócios identificada pela *Business Process Management Initiative*, a ferramenta original passou por uma reforma significativa em 2011, dando origem à versão atual, 2.0.

A *Business Process Modeling Notation 2.0* é uma ferramenta desenvolvida com uma semântica estruturada para permitir clareza e confiabilidade na notação de processos. Essa ferramenta foi escolhida devido à proximidade com a gestão por processo de negócio, disponibilidade de ferramentas e suporte, amplitude de uso e precisão na modelagem. Devido a sua estrutura e seu desenvolvimento, esse recurso tem unicidade de simbologia, diminuindo espaço para erros de interpretação e discussões sobre a ideologia de uso, mais comuns em formas de representação gráfica menos estruturadas.

Devido à sua característica semântica clara, etapas de automação de processos e subprocessos podem ser baseadas e até algoritmos podem ser derivados da representação desses.

Diversos *softwares* foram desenvolvidos e ampliados para nesse modelo de notação, de ampla utilização. Entre esses, destacam-se: ADONIS®, ARIS EXPRESS®, Edraw Max®, Enterprise Architect®, IBM BlueWorks Live® (baseado em navegadores), IBM Rational System Architect®, jBPM®, Microsoft Visio®. Entre esses *softwares* para realizar a representação dos processos foi adotado o *software* ARIS EXPRESS®, que, devido à facilidade de obtenção, é um *freeware* com interface intuitiva e compatibilidade com os principais sistemas operacionais.

Embora contenha muitos subelementos, o BPMN 2.0 apresenta cinco elementos básicos (em sua versão original, não havia a categoria "dados"): objetos de fluxo, tais quais eventos, atividades e objetos de decisão; objetos de conexão, como conectores de associação, fluxo sequencial e de mensagem; *swim lanes*, como *pools* e *lanes* (divisórias funcionais utilizadas para representar processos interunidades); artefatos, tais quais grupos e anotações; e dados. Os objetos de fluxo incluem objetos de eventos, marcando o início, as passagens intermediárias e finais e são representados por diferentes círculos (Figura 15).

Figura 15 — Objetos de evento.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Também em objetos de fluxo (Figura 16) existem objetos de atividades, representados por retângulos com bordas arredondadas e com um indicativo de tipo de atividade no canto superior esquerdo.

Figura 16 — Objetos de atividade.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os últimos tipos de objetos de fluxo são os *gateways*, representados por losangos com diferentes lógicas representadas por um símbolo no interior do elemento. Os mais utilizados estão representados na Figura 17. *Gateways* complexos devem incluir, no documento ou em anexo, o detalhamento de seu funcionamento.

Figura 17 — Gateways.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os objetos de conexão incluem setas inteiras, para fluxos de sequência: losango seguido por seta, para fluxos condicionais; seta vazia e linhas tracejadas, para mensagens; e linhas pontilhadas para associações. As representações são apresentadas na Figura 18.

Figura 18 — Objetos de conexão.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os objetos do tipo *swim lanes*, apresentados na Figura 19, exibem dois tipos de elementos: uma moldura denominada *pool* que contém um participante (por exemplo, departamento de vendas); e *lanes*, que são *pools* com mais de uma divisão. Comumente, há troca de mensagens entre os diferentes participantes do processo. Essa divisão é em geral utilizada para representar processos multidepartamentais ou com representações de elementos externos, como operadoras de cartão de crédito, clientes e servidores computacionais.

Figura 19 — *Swim lanes*.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os artefatos, ilustrados e representados na Figura 20, têm como função fornecer mais informações sobre os elementos descritos no processo. Funcionam de forma similar a comentários em processadores de texto ou em códigos de programas.

Figura 20 — Artefatos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os dados inseridos na versão 2.0 têm como objetivo ilustrar o armazenamento e a transmissão de dados no decorrer do processo, lidando com a entrada e a saída de informações que ocorrem em diferentes etapas. Os principais tipos são ilustrados na Figura 21.

Figura 21 — Objetos de dados.

Fonte: Elaborado pelo autor.

O *software* utilizado para elaborar essas imagens e descrever posteriormente os processos é o ArisExpress versão 2.4b, que inclui o conjunto completo de elementos, ligações e ícones para a representação nos moldes descritos nos documentos oficiais de notação de processo de negócio BPMN 2.0.

Esse sistema de notação é utilizado pelos processos descritos no capítulo a seguir.

5 ARQUITETURA DO MODELO DE GESTÃO PARA CENTROS INTEGRADOS

Neste capítulo, é descrito um modelo que permite a gestão de mobilidade urbana de forma mais holística, através de utilização e aquisição de dados e informações em um centro integrado de mobilidade urbana. Esse centro deve incluir, tanto quanto possível, os diversos elementos da gestão municipal, não apenas de mobilidade, mas também outros a esta relacionados. Não se pode deixar de lado, especialmente no contexto atual de integração proposto por sistemas de transporte inteligentes, as informações provenientes de iniciativas externas, conforme descrito nos capítulos anteriores.

A experiência de trabalho à frente dessa área na cidade de São Paulo permitiu a identificação das dificuldades comuns nesses ambientes, especialmente no setor público.

Um dos problemas mais graves, ao tentar tomar decisões informadas no setor público, são as dificuldades de acesso e visibilidade de informações. Enquanto gestor, frequentemente é necessário se alocar profissionais e conversar pessoalmente com diversos colaboradores de áreas relacionadas ao tema em questão, para obter relatórios concisos. Na atualidade, dados mantidos em diferentes bases, comumente em planilhas, são manualmente tratados, compilados e formatados, o que toma tempo, além de propiciar erros por falta de compreensão, uso de versões não atualizadas, falta de atenção ou outras fontes naturais à manipulação não automática de dados.

Esse atraso não se traduz apenas em demora na obtenção de resultados, mas muitas vezes torna inviáveis as respostas. No caso de processamento manual de dados referentes a fluxos de veículos, para estimativas de tráfego, por exemplo, a informação em pauta perde seu valor antes mesmo de ser entregue. Para controle semafórico, alocação de veículos adicionais para o transporte público, atendimento a emergências, respostas a manifestações e eventos e outras ocorrências nas vias públicas, o tempo de resposta é uma das questões fundamentais: ganhos de tempo podem não só melhorar a eficiência da mobilidade urbana, como salvar vidas.

Essa questão fica ainda mais grave devido a possíveis necessidades de obtenção de autorizações e movimentação de colaboradores de outros departamentos para

disponibilização dos dados requisitados. Em um sistema computacional integrado, essa requisição de autorização poderia ser realizada com antecedência, sendo vinculada a um usuário, sem necessidade de mobilização externa, facilitando a organização de cada departamento.

A falta de integração também acarreta duplicidade de informações e relatórios incompletos, com consequente gasto desnecessário de recursos. Em muitas cidades, há mais de um órgão envolvido em questões de mobilidade urbana. Partes da mesma informação podem estar distribuídas e ninguém tem acesso à informação completa. Um exemplo é a gestão das vias públicas, na qual a informação e a capacidade de resposta estão distribuídas entre diferentes órgãos responsáveis por modais públicos e controle das vias. A integração e a distribuição dos dados podem validá-los, eliminando inconsistências e aumentando o volume disponível.

Outro ponto é a capacidade de disseminação de informação, relevante não apenas dentro dos órgãos que compõem a gestão pública, mas em âmbitos mais amplos. Como a inteligência está naturalmente distribuída entre diversos departamentos, empresas e a população, o acesso a informações em uma plataforma centralizada provê uma base de conhecimento para o desenvolvimento de iniciativas no contexto de cidades e sistemas de transporte inteligentes. Desperdiçar o potencial desta inteligência externa, nos dias atuais, apenas por causa de dificuldade de compartilhamento de informações é uma negligência por parte da gestão urbana.

Esse ponto é chave para entender a grande importância da permeabilidade da gestão de mobilidade urbana, tanto em relação ao aproveitamento de dados externos quanto à liberação de informações e sua centralização.

A entrada ou a substituição de profissionais é diretamente beneficiada por sistemas de informação centralizados: esses, além de facilitar o acesso, encurtam o tempo de adaptação. Em órgãos públicos, muitos cargos são vinculados à gestão eleita, sendo substituídos nas trocas periódicas de governo. Em comparação com empresas, em que a troca inclui períodos de substituição e aprendizado, nas mudanças de governo a alteração costuma ser mais drástica, o que torna ainda mais importante, para a continuidade dos trabalhos, uma fonte integrada de informação.

A mera disponibilização de dados, no entanto, não é suficiente para levar a melhores resultados, sendo necessário seu uso para a tomada de decisão e implantação de medidas. Incentivando uma cultura de decisões embasadas que não apenas levem em conta informações atualmente disponíveis, como também que, sob a inspiração de casos de sucesso, analisem novas possibilidades.

Esses dados têm grande valor, ao se decidir sobre ampliações de infraestrutura e processos de requisição de verbas, tornando mais claras e embasadas suas justificativas. Hoje, o levantamento dessas informações é um processo custoso, especialmente devido à sua dispersão. A partir da implantação do CIMU, caso houvesse dados sobre seus resultados na cidade de São Paulo, esses poderiam ser utilizados para justificar a implantação em outros municípios, mesmo que parcialmente, contribuindo com a expansão do uso de inteligência na gestão de mobilidade urbana.

A automação dos processos ligados a disponibilização e controle das informações permite o acompanhamento de variáveis, para os propósitos de mobilidade urbana, em tempo real. A definição das variáveis a serem acompanhadas é uma das mais críticas atividades de responsabilidade da gestão, portanto, não apenas seus valores, mas também suas escolhas devem ser seguidas, verificando as consequências quanto aos objetivos propostos. O valor dessas variáveis deve indicar o sucesso referente aos objetivos, que, por sua vez, devem ser expressos em metas, seguindo critérios que definem os valores desejáveis e críticos.

É natural que, em organizações, prevaleça o *status quo*, ou seja, a ordem vigente de operação, devido ao longo período de trabalho do colaborador e à criação de zonas de conforto. A democratização das informações, especialmente das metas, clarifica as tomadas de decisão dos profissionais envolvidos, levando a ações e medidas para resolver essas questões, muitas vezes quebrando o *status quo*, seja por pressão externa daqueles que observam as métricas, seja por vontade de superação.

Durante a pesquisa em bases literárias, não foram encontrados modelos de gestão que respondam a essas questões, ainda mais quando se considera o caso de mobilidade urbana.

Neste trabalho, para lidar com tais dificuldades, foram propostos processos para facilitar a padronização e a eficiência das tomadas de decisões embasadas independentemente da área ou do tema tratado. Focaliza-se a área de mobilidade urbana a partir de um centro integrado. Propondo um processo consciente, evita-se desconsiderar etapas importantes e aumenta-se a conscientização na tomada de decisão.

Na permeabilização da gestão de um centro integrado, para lidar com informações no contexto de cidades e sistemas de transporte inteligentes, são identificados os processos críticos representados na Figura 22 e descritos a seguir.

Figura 22 — Processos relacionados a informação em um centro integrado

Fonte: Elaborado pelo autor

- *Aquisição de dados* — esse primeiro processo descreve as vias de manutenção e ampliação da estrutura de coleta de dados e adição de informações, levando em conta tanto parcerias com organizações privadas, quanto com setores públicos para compartilhamento e aquisição de dados, busca por soluções e compartilhamento de experiências. As buscas por ferramentas, soluções e informações também devem ser integradas aos bancos de dados por questões de rastreabilidade, disponibilidade e funcionalidade.

Esse processo é uma das principais contribuições deste trabalho, pois promove o aumento da quantidade, da diversidade e da qualidade de dados com investimentos apenas para sua integração, comparavelmente inferiores aos necessários para criação de nova estrutura de coleta.

- *Operação da base de dados* — este elemento lida com uma área que pertence majoritariamente ao domínio da tecnologia da informação, sendo, no entanto, essencial para a inserção, a manutenção, a segurança, a utilização e a efetiva distribuição de dados e informações pertinentes a um centro integrado.

Não é o intuito deste trabalho propor uma arquitetura mais eficiente ou entrar em detalhes de como a base de dados deve ser estruturada, mas observar, do ponto de vista da gestão, como essa estrutura pode contribuir e quais os parâmetros que devem ser observados.

- *Entrega de informações* — Outro processo crítico descrito nesse contexto é a liberação dos relatórios, informações e dados para suas destinações. Esse processo inclui os envios automáticos para alimentar páginas da *web*, bancos de dados de parceiros e quaisquer outros participantes no processo de desenvolvimento de soluções integradas.
- *Acompanhamento de variáveis* — Os objetivos estratégicos estão frequentemente pautados em sistemas de métricas e variáveis mensuráveis as quais se deseja melhorar.

Por exemplo, a diminuição da violência no trânsito pode ser indiretamente medida pela quantidade de acidentes e quantos desses são fatais. Definir e acompanhar métricas para alcançar objetivos é uma das tarefas desse processo, mas, sem verificar se as próprias medições são confiáveis, pode-se incorrer em erros. A segunda incumbência dessa etapa é o acompanhamento majoritariamente automático dos dados coletados, devido ao grande volume, quanto à sua consistência, qualidade, frequência e outros fatores que indiquem que as medições estão sendo coletadas de forma adequada. Para tanto, deve-se valer de ferramentas de validação de dados, utilizar-se redundâncias disponíveis, ferramentas estatísticas e até observação direta, quando possível.

No âmbito da gestão de um centro integrado — que inclui sua operação, questões rotineiras e lidar com crises —, existem diversos eventos que podem iniciar esses processos. A seguir, alguns dos exemplos mais comuns.

- *Requisição de dados e informações rotineiras.* Os operadores e integrantes da operação do centro integrado constantemente necessitarão de dados para realizar suas atividades. Essa entrada torna-se uma requisição computacional direta, quando esses dados estão disponíveis nos bancos do centro integrado, pertencem a processos já estabelecidos e estão liberados para acesso pelo usuário. Esse tipo de requisição entra no processo de entrega de informações.
- *Requisição de dados e informações ainda não disponíveis para solução de problemas.* Muitas vezes, são necessárias informações adicionais para que sejam estudadas as propostas de alternativas ou a viabilidade de soluções. Nesses casos, são necessárias averiguação, pesquisa e incorporação de dados para sua implementação. Ao se identificar essa necessidade, através do acompanhamento das métricas ou da observação de iniciativas inovadoras, entra-se no processo de aquisição de dados.
- *Acompanhamento de métricas.* Ao se identificar novas possibilidades de medições que possam auxiliar a gestão, deve-se tentar incorporá-las ao sistema de informação iniciando o processo de aquisição de dados.
- *Necessidade de criação de ferramentas.* Para que os dados sejam úteis, deve-se ter a possibilidade de incorporá-los à ferramentas de aplicação, as quais podem ser aplicações finais, relatórios de gestão e aplicativos relacionados à mobilidade, entre outras formas. A ferramenta pode estar à disposição, bastando o tratamento dos dados para a entrada do processo no item de preparação para saída de dados. Caso as ferramentas disponíveis não sejam capazes de atender às necessidades, é necessário novo processo de busca por alternativas, iniciando-se o processo de aquisição de dados.

5.1 PROCESSO DE AQUISIÇÃO DE DADOS

O processo de aquisição de dados é um dos mais importantes para a operação eficiente de um centro integrado que agregue valor à gestão da mobilidade urbana. O processo de coleta de dados fornece a matéria-prima para trabalhos de inteligência e é um pré-requisito para o desenvolvimento dos outros processos.

Figura 23 - Processo de aquisição de dados

Fonte: Elaborado pelo autor

Passemos à descrição de cada uma das etapas expostas na Figura 23.

- 1) *Identificar necessidade de dados.* A necessidade de respostas, dados e informações pode aparecer de diversas formas. Algumas vezes, propostas de melhorias são apresentadas; outras vezes, problemas de difícil solução surgem; e outras vezes ainda, requisições são feitas e devem ser atendidas. Uma das duas entradas do processo de aquisição de dados é a identificação da necessidade por dados e/ou informações, para lidar com os desafios enfrentados pela gestão urbana, seja no sentido de tomada de decisão, seja no de levantamento estatístico ou informação. Um dos momentos críticos para identificar essas necessidades é no desenvolvimento de ampliações e novos projetos. Ao se decidir o direcionamento, não raro as perguntas ficam sem resposta, sendo necessário a busca por dados adicionais.

Para criar uma cultura de decisões informadas, deve-se ressaltar a busca por dados e informações e a identificação de sua necessidade, sempre que novos problemas ou que necessidades de melhoria se apresentarem.

- 2) *Verificar disponibilidade na base de dados.* Esta tarefa trata da busca direta pelo dado desejado na base de dados. Nessa etapa, deve-se entender e verificar a disponibilidade para a utilização do dado, não apenas checar sua existência. Portanto, caso os dados existam, mas não tenham amostragem, confiabilidade, escopo ou volume suficiente, a resposta deve ser negativa.

Mesmo que os dados estejam nas bases de um dos órgãos participantes da implantação do centro integrado, essas são consideradas como externas até que os dados sejam incorporados ou integrados na base do centro. Em São Paulo, por exemplo, a criação do CIMU parte da parceria entre CET e SPTrans. Nessa etapa, a informação seria buscada na base do CIMU e caso só esteja disponível nas bases de um desses integrantes, deve ter início um processo de integração desses dados e informações. Essa ocorrência é considerada como uma negativa para a sequência no processo, porém já se conhece o detentor da informação para a parceria, podendo-se seguir para a etapa 13 (a sequência normal continua funcional, no entanto, já se tem as respostas).

- 3) *Verificar bases abertas.* Uma vez que informações e dados não estão presentes na base disponível, deve-se procurar outras fontes de informação. Muitas vezes, em lugar da busca por alternativas, são utilizadas soluções já conhecidas e a maneira convencional de pensar prevalece. Mecanismos de buscas, banco de dados abertos, iniciativas de compartilhamento de experiência de gestão urbana (GEORGE; HAAS; PENTLAND, 2014) e outros meios abertos são fontes valiosas que podem fornecer diretamente respostas ou mostrar casos de questionamento ou demanda similares, não raro com soluções diferenciadas que seriam esquecidas sem essa pesquisa.

Vale notar que, embora em muitos casos a resposta dependa de medições locais (sendo limitada, portanto, a chance de se encontrar resultados em bases abertas), buscar a maneira como outras cidades coletam esse dado ou lidaram com essa questão pode ajudar as tarefas seguintes, identificando possíveis parceiros, variáveis indiretas que podem auxiliar a resolver a questão e formas adequadas de coleta de dados. Deve ficar claro que o objetivo dessa tarefa é levantar alternativas, não limitar respostas ao que já existe.

Muitas vezes, a busca em bases abertas leva ao reconhecimento de soluções ou aquisição de informações que contribuem para a busca por respostas, mas não a esgotam. Assim sendo, frequentemente deve-se seguir para a etapa 4, mesmo quando informações e dados relevantes foram encontrados em bases abertas.

- 4) *Buscar organizações que colem esses dados.* A ideia de buscar parceiros para coleta de dados difere do que se observa em geral nas gestões públicas. Normalmente, ao se detectar uma necessidade, pensa-se imediatamente em formas de coletar esses dados ou informações diretamente, mas, muitas vezes, outras organizações podem ter os dados necessários e uma parceria pode levar a uma situação de ganho mútuo.

Essa etapa consiste no levantamento de organizações que possam coletar esses dados ou possuir as respostas procuradas. Não apenas podem ser obtidos dados novos, mas sua qualidade e sua validade podem ser melhoradas. A redundância pode contribuir com esses objetivos, especialmente quando é planejada e o próprio conhecimento de outras entidades que necessitem do mesmo tipo de dado pode

ajudar a coordenar esforços para que a possível ampliação da rede de coleta seja mais eficiente. A frequente troca de informação em trânsito através de aplicativos faz com que empresas colem cada vez mais informações diretamente dos usuários finais, reforçando a importância de trocas.

- 5) *Avaliar iniciativas de impacto no setor.* A segunda possibilidade de entrada para esse processo é a detecção de iniciativas externas que provocam um impacto significativo, sejam privadas, sejam exemplos de implementação de outras cidades. Uma iniciativa com impacto positivo significativo pode contribuir de duas formas principais: através de compartilhamento de dados coletados em sua operação ou de lições aprendidas.

Essa entrada não parte de necessidade de dados, mas da detecção de oportunidades. Muitas das inovações mais significativas feitas nos últimos anos partiu do setor privado e incorporar essa inteligência na gestão pública de mobilidade urbana pode trazer grandes benefícios. Ao tentar realizar um serviço de valor para os usuários, os interesses privados muitas vezes tornam-se coniventes com os públicos, no sentido de melhorias para os cidadãos e usuários. O impacto dessas iniciativas pode ser ampliado com essas parcerias, assim como os dados disponíveis para o setor público.

- 6) *Selecionar parceiros.* Em modelos mais tradicionais de gestão, a preocupação com o controle dos dados desencoraja a utilização de parcerias para a coleta de dados. Tal forma de pensamento faz com que sejam desperdiçadas oportunidades e apareçam estruturas de coleta redundantes e sem comunicação. Essa etapa propõe selecionar parcerias para estender esse conceito para o caso de gestão de mobilidade urbana.

Se houver outras entidades de qualquer natureza que meçam e possam compartilhar essa informação, devem ser selecionadas de forma holística e, sempre que possível, não exclusiva. Deve-se tratar os dados coletados como recursos: maior volume de dados bem trabalhados enriquece a gestão urbana.

- 7) *Verificar viabilidade de parceria.* Mesmo que haja interesse nas informações e dados que a parceria possa promover, deve-se verificar quais os requisitos, tanto para tornar a parceria interessante para ambas as partes, quanto para viabilizar a inclusão na estrutura de dados presente.

- 8) *Estudar viabilidade de coleta direta de dados.* Uma vez que parcerias não sejam possíveis ou não exista ainda coleta de dados para essa variável, deve-se estudar a viabilidade de se implantar instrumentos físicos ou virtuais de medição. Neste estudo, é essencial considerar os problemas relacionados a essa medição de forma holística, no sentido de entender tanto os custos envolvidos quanto os benefícios provenientes dessas medições.

Algumas informações podem fornecer *insights* interessantes, mas deve-se analisar a relação custo/benefício, evitando os extremos de preciosismo e descaso. Não há limite prático para o volume de dados que pode ser alcançado, portanto, essa racionalização é necessária.

Vale notar que a tarefa de busca em bases abertas pode auxiliar nessa avaliação encontrando casos em que implantação similar foi realizada e buscando entender, por meio da própria busca ou de diálogos, os impactos resultantes e o custo envolvido.

- 9) *Implantar coletas de dados.* Essa tarefa consiste na implantação de quaisquer equipamentos e *softwares* necessários à medição e à inclusão dos dados coletados na estrutura.
- 10) *Estudar coleta de dados de forma indireta.* Caso seja inviável a implantação de novas estruturas de coleta, deve-se avaliar a possibilidade de inferir indiretamente informações sobre o problema. Em caso positivo, volta-se a etapa 2 do processo, buscando-se agora formas indiretas de medição.
- 11) *Receber dados da base de dados.* Essa etapa consiste em uma requisição para retirada de dados da base e deve depender de análise de autorização e outras ferramentas de segurança. Superadas essas questões, a etapa deve funcionar da forma mais automática possível.
- 12) *Consolidar parcerias.* Consiste na finalização dos contratos e na adequação de ambas as partes para que as trocas de informação possam ocorrer. As regras e considerações propostas na seção sobre parcerias público-privadas devem ser levadas em conta, ao se consolidar essas parcerias de forma a aumentar suas chances de sucesso.
- 13) *Iniciar processo de tratamento de dados.* A última etapa consiste na adequação dos dados para ingressarem na estrutura existente. É importante manter as informações, para rastreabilidade do recebimento dos dados e informações.

5.2 OPERAÇÃO DA BASE DE DADOS

Essa etapa é majoritariamente da área de TI, sendo responsabilidade do gestor definir parâmetros, acompanhar resultados e gerenciar implementações. Dentro da operação da base, o centro integrado deve ser capaz de inserir e retirar informações de forma eficiente e rastreável.

Neste item, são identificadas três operações principais.

- *Análise de entrada de dados* — comparação, adição, validação, consolidação dos dados e formatação de dados. Lida com as principais etapas para incorporação de novos dados na estrutura. Os dados são avaliados para verificar, sempre que possível, sua validade e confiabilidade, assim como para adaptá-los à estrutura atual e adicioná-los ao banco. Os princípios de *data sharing* e conceitos descritos na operação no contexto de *big data*, como descrito nos itens 3.5 e 3.6, são importantes para que essa inserção seja proveitosa.
- *Operação da estrutura de dados* — esse processo diz respeito tanto a atividades corriqueiras de manutenção e verificação de respostas dos bancos e sensores conectados, quanto a comparações entre dados de diferentes origens para redundância e verificação de erros. São definidos nesse processo os diferentes alertas que a estrutura deve emitir para agilizar a detecção de eventuais problemas.
- *Análise e preparação para saída de dados: regras de liberação, consolidação, preparação de relatórios e formatação de informação* — esse processo consiste nos filtros de acesso a dados, produzindo relatórios e transformando dados crus em informações de valor agregado. As regras nesse processo devem ser criadas de forma a poder atender requisições de usuários civis, empresas parceiras e órgãos distintos da gestão urbana, cada qual com diferentes níveis de acesso à informação. A criação de uma estrutura adaptável é essencial para a promoção de parcerias e a possibilidade de distribuição de informações e dados em múltiplos formatos, atendendo assim a diversos tipos de necessidades, sendo importante para a operação de um centro integrado.

Permeando esses processos, o gestor não deve se descuidar das questões referentes a confidencialidade, fiscalização e acompanhamento dos parâmetros utilizados para inferir o estado de funcionamento da base.

5.3 ENTREGA DE INFORMAÇÕES

A etapa de entrega de informações é de grande importância, pois aumenta o potencial de seu uso, além de permitir a criação de soluções e a realização de estudos com um custo limitado para a esfera pública. Além desse aumento de capital intelectual, as informações coletadas e integradas servem de moeda de troca para firmar contratos e desenvolver parcerias para ampliação da estrutura de dados, levando muitas vezes a benefícios mútuos.

Na Figura 24 estão descritas as etapas propostas.

Figura 24 - Processo de entrega de informações

Fonte: Elaborado pelo autor

- 1) *Requisição de dados ou informações* — Pode ser de diversas origens. Em São Paulo, houve no ano passado (2015), mais de duas mil requisições externas para compartilhamento de informações para estudo e desenvolvimento de aplicativos ou ferramentas. Essa etapa do processo, no entanto, não lida apenas com necessidades externas, mas também com qualquer requisição de dados interna, seja para acompanhamento de métricas, seja emissão de relatórios ou para disponibilizar informações de interesse público, como, por

exemplo, horários de ônibus ou índice de acidentes em vias. É importante, nessa etapa, entender a motivação da requisição, pois os mesmos dados e informações podem ser entregues de diferentes maneiras e o sucesso ou fracasso de uma iniciativa pode depender do formato dessa entrega.

- 2) *Verificar disponibilidade* — Caso as informações requisitadas estejam disponíveis, o processo prossegue, caso contrário, deve-se verificar a necessidade desses dados ou informações e então entrar no processo de aquisição de dados.
- 3) *Verificar autorização* — Ao se considerar o compartilhamento de dados, algumas questões não podem ser esquecidas, por exemplo, os contratos com empresas que cedem suas informações têm cláusulas de confidencialidade que devem ser respeitadas. Os acordos de liberação devem levar também em conta tempo, periodicidade e forma de acesso aos dados, permitindo a diferentes usuários níveis de acesso distintos. Como observado no item 4.3, cabe à gestão inserir e acompanhar a liberação de informações de acordo com o requisitante. Integrantes da área de segurança pública, do corpo de bombeiros, da defesa civil, da imprensa e da gestão municipal são requisitantes frequentes.

Mediante a implantação de diferentes tipos de usuários, as informações disponíveis podem ser selecionadas. Enquanto uma parte poderia ser mantida aberta, outra deve ser restrita. Seria interessante permitir a criação de contas de usuário, para participantes da gestão de mobilidade urbana, para empresas parceiras e até para profissionais e cidadãos envolvidos com a questão. Ao criar uma conta, o cidadão poderia fazer uma sugestão e até acompanhar seu andamento. Mídia, taxistas, colaboradores de empresas de caronas, gestores de empresas de ônibus, companhias de trem, órgãos públicos, desenvolvedores de aplicativos e *softwares* podem ter níveis diferentes de acesso, com foco nas informações relevantes para suas atividades.

- 4) *Ocorrência ou nova requisição* — Quando a imprensa pede informações para uma matéria, por exemplo, extrações podem ser feitas para atendê-la uma única vez. Nesse caso, os dados devem ser tratados em caráter especial e uma

resposta adequada deve ser enviada. Portanto, nesse tipo de situação é importante decidir em qual formato essas informações devem ser enviadas, como dados crus, resumos ou relatórios. Outras vezes, no entanto, a requisição é conhecida e feita repetidamente, não sendo necessário novo levantamento de formatos e meios de disponibilização. Nesse segundo caso, o processo vai direto para a etapa de preparação dos dados.

- 5) *Definir meios de disponibilização* — Essa etapa é especialmente relevante para as requisições internas, pois campanhas de conscientização e informação da população são parte inseparável do trabalho de um centro de mobilidade urbana integrado. Nessa etapa, respeitando-se as limitações de tempo e a importância de cada caso, devem ser feitos estudos, discussões e levantamentos sobre a melhor solução ou os melhores meios de disponibilizar essas informações e dados.

Deve-se ressaltar que, observando-se a gestão como essa é feita, a definição de meios é muitas vezes ignorada, sendo utilizadas formas tradicionais sem racionalização de como os meios podem ajudar a cumprir objetivos. Boston utiliza as métricas descritas no item 2.2.5 e as disponibiliza diretamente ao gabinete do prefeito, além de as apresentar no site da prefeitura. Washington também utiliza um sistema aberto em tempo real para prestar conta de seus trabalhos de manutenção. Cingapura conta com aplicativos, sites e painéis de mensagens variáveis para informar os usuários de seus sistemas de transporte. A cidade de São Paulo disponibiliza, por seus meios digitais, informações em tempo real do estado dos congestionamentos por região. Esses são alguns dos exemplos que ilustram a importância de se considerar os meios de disponibilização, sendo essencial alinhá-los com os objetivos estratégicos dos solicitantes, para obter o melhor resultado.

Diferentes meios também podem levar a comunicações unilaterais, como em informativos ou publicações impressas, ou bilaterais, como em sites e aplicativos, podendo se prestar também ao papel de coleta de dados. As parcerias formadas para incluir informações e dados internos podem ser utilizadas como meio de disseminação.

- 6) *Definir formato de disponibilização* — Além dos meios, existem diversos formatos para realizar a distribuição. Os dados podem ser entregues como

extrações em formato de planilha, diretamente conectados a uma estrutura de dados externa, resumidamente em forma de relatório, como parte de um aplicativo, e até como frases em painéis de mensagem variável. O número de possibilidades é significativo e, ao lidar com inovação na área de gestão urbana, deve-se considerar, com base em pesquisas, exemplos e discussões, qual o melhor formato para disponibilização. Aplicativos como Moovit substituem tabelas de ônibus por indicações do local do próximo ponto, sendo um exemplo de uma maneira distinta de formato.

Um dos objetivos que precisa ser cuidadosamente considerado, ao se definir os formatos de distribuição de dados e informações, é o estreitamento da comunicação com os usuários finais. Embora a extração de dados possa ser útil para aplicativos e talvez até suficientemente claros para gestores e especialistas, para cidadãos, gráficos ou tabelas formatadas talvez sejam mais claros. O importante é considerar o público-alvo nesta decisão.

A integração proposta pelos processos e centros integrados contribui diretamente para a criação de novas iniciativas privadas para colaborar com a mobilidade urbana. Essa concentração de dados facilita a criação e a atualização de aplicativos e *softwares*, podendo servir de catalizador para inovações. A organização e a apresentação dos dados e informação disponibilizada de forma intuitiva são essenciais para que os interessados sejam capazes de usufruir do sistema. Mecanismos eficientes de busca, listas claras e interfaces amigáveis são alguns dos elementos que podem contribuir com esse objetivo.

- 7) *Preparação dos dados* – Essa etapa compreende tanto o trabalho computacional quanto o humano, necessários para adequar os dados disponíveis ao formato e aos meios definidos. Terminada essa etapa, resta apenas o envio em si.
- 8) *Entrega dos dados e/ou informações* – A última etapa do processo. Um fator muito importante é manter as informações para rastreabilidade do envio dos dados e informações, seja para analisar posteriormente o impacto obtido, com intuito de melhoria constante, como métrica de sucesso de compartilhamento, seja para fins jurídicos e de controle. Essa etapa pode assumir diferentes

formas, desde trocas computacionais na forma de *downloads* e *uploads* até a colocação de placas fixas para informar alterações em limites de velocidade. Aplicativos com grande número de usuários, como os navegadores sociais e de utilização de modais públicos, representados pelo Waze e pelo Moovit, têm importância cada vez maior nessa etapa.

5.4 ACOMPANHAMENTO DE MÉTRICAS

A coleta de dados e informações deve levar a ações e influenciar tomadas de decisão para que sejam justificáveis. Para responder com agilidade as ocorrências e alcançar metas, é essencial atenção às métricas. O caso descrito na cidade de Boston é um excelente exemplo da importância do acompanhamento de variáveis.

A definição das métricas a serem consideradas também é uma das contribuições da observação do exemplo de Boston, onde as métricas escolhidas são alinhadas com os objetivos de gestão e incorporadas em um sistema que enfatiza a tomada de atitudes para atuar nas variáveis medidas. Exemplos de conjuntos de métricas no contexto de mobilidade urbana foram utilizados para a comparação entre cidades no capítulo "Cenário Nacional e Internacional". A pesquisa da empresa TomTom (*MEASURING CONGESTION WORLDWIDE...*, 2015) é um exemplo do uso de uma métrica (aumento médio no tempo de viagem devido a congestionamentos), que fornece um *insight* sobre as condições de trânsito de cidades para veículos particulares.

O acompanhamento influencia o processo de aquisição de dados, por analisar constantemente as entradas dos sistemas de coletas e algumas variáveis referentes a entrada de dados podem ser consideradas na decisão sobre as métricas. O desenvolvimento de métricas para acompanhar novos processos pode levar também à identificação de novas variáveis e, conseqüentemente, iniciar o processo de aquisição de dados.

As métricas são baseadas em dados e informações coletados do sistema de mobilidade urbana e que são importantes para sua gestão. A integração de dados para a formação de métricas é, dentro do processo de disponibilização de dados e informações, uma das requisições que têm formato e meio predefinidos. É importante que essas variáveis sejam compostas e disponibilizadas de forma rápida e

automática, para garantir agilidade e funcionamento contínuo mesmo em situação de crise.

O acompanhamento de métricas também deve prever o disparo automático de alarmes e notificação, quando atingirem valores preestabelecidos ou apresentarem comportamentos anômalos. Esse fator é especialmente relevante para centros integrados de mobilidade urbana, em que o volume de variáveis acompanhadas pode chegar a quantidades elevadas, aumentando a chance de erros humanos.

Outra utilização importante dessas medições acompanhadas é sua autoverificação. As métricas devem colaborar com a manutenção da qualidade da solução, de acordo com os parâmetros estabelecidos na tomada de decisão e desenvolvimento das soluções e suas revisões para melhoria de qualidade. O não cumprimento de metas estabelecidas deve ser avaliado e levar a atitudes de melhoria sempre que possível.

Através da análise dessas métricas é possível verificar melhorias e justificar gastos. Ao se tomar uma atitude gerencial para a diminuição do número de acidentes, por exemplo, é essencial que as métricas envolvidas sejam acompanhadas após a implantação da medida, de forma a prestar contas à população e aos envolvidos no processo sobre o retorno que resultou dessa atitude. Isso não quer dizer, no entanto, que outros fatores sejam deixados de lado, pelo contrário. O uso de métricas para a prestação de contas deve incluir também os resultados de outras métricas analisadas, uma vez que impactos negativos em outras variáveis são também custos do processo.

O processo de acompanhamento facilita que os recursos gastos para implementação de uma decisão tomada sejam mais bem aproveitados por promover a verificações de desempenho claras e alinhadas com os objetivos da gestão.

Os processos de gestão descritos neste capítulo foram elaborados para auxiliar a tomada de decisão consistente e acompanhar os resultados de medidas implantadas baseados em dados tanto externos quanto internos. Vale notar que, devido à ausência de um centro integrado no qual essas informações e dados são agregados e tratados para utilização, esses processos não foram colocados em prática em sua totalidade. No entanto, utilizações de etapas e decisões baseadas em partes desse processo já foram aplicados na gestão da capital paulista.

Para ilustrar as aplicações desses processos, mesmo que de forma parcial, o capítulo seguinte descreve casos resultantes de decisões e implantações ligadas aos processos descritos e acompanhamento sistemático de seus resultados.

6 APLICAÇÃO EM MOBILIDADE URBANA

Neste capítulo são descritos os casos implantados na cidade de São Paulo, no período desta gestão (2013-2016). Usou-se, como base teórica a aplicação dos processos propostos no capítulo "Gestão e Modelagem por Processo de Negócio" e "Arquitetura do Modelo de Gestão para Centros Integrados".

São descritos os casos de uso de métricas de controle das velocidades em vias urbanas, aqui monitoradas as Marginais Tietê e Pinheiros, a implantação da operação controlada de ônibus urbanos da rede da madrugada, a implantação do sistema digitalizado de estacionamento, a exploração do uso intensivo do viário, o sistema de controle de tráfego e dados por intermédio de semáforos e o MobLab – Laboratório de Mobilidade Urbana e Protocolos Abertos.

6.1 USO DE MÉTRICAS NO CONTROLE DAS VELOCIDADES EM VIAS URBANAS

No dia 20 de julho de 2015, a cidade de São Paulo teve a velocidade de suas Marginais reduzida. O processo de decisão que culminou nessa implantação incluiu vários elementos descritos no modelo proposto.

As Marginais Tietê e Pinheiros estão entre as principais e mais longas vias do município, com extensão de 24,5 km e 22 km, respectivamente. Cada uma das Marginais é composta por um conjunto de ruas e avenidas com velocidades diferenciadas. Dada à sua extensão e importância no tráfego da cidade e sua liderança no *ranking* de vias com maior número de vítimas fatais, o acompanhamento do volume de acidentes dessas vias é uma métrica importante. O Quadro 2 apresenta o número de acidentes fatais por via e por ano.

Em 2010, foi proibida a circulação de motocicletas na via expressa da Marginal Tietê, o que contribuiu para a diminuição do número de acidentes nessa via. Em 2014, após seis anos de queda, houve elevação do índice de mortos por acidentes e do número de acidentes de trânsito com vítimas fatais no conjunto das Marginais Tietê e Pinheiros. Conforme evidenciado no compromisso com o acompanhamento de métricas, como descrito no capítulo "Gestão e Modelagem por Processo de Negócio", essa ocorrência destacou o problema e levou a gestão a se mobilizar em busca de

soluções. Uma das possibilidades levantadas foi a medida de redução de velocidade nas vias urbanas.

Outra métrica importante é o volume de veículos que circula nessas vias. Por meio de laços de detecção magnética, também utilizados como elemento de disparo para fiscalização de excesso de velocidade, a quantidade total de veículos é detectada. Esse dado pode ser utilizado para diferentes fins, nesse caso, para um levantamento do impacto da redução de velocidades nestas vias.

Quadro 2 — Evolução dos acidentes fatais e mortes nas principais vias de São Paulo.

ORDEM	Vias (¹)	Número de acidentes de trânsito fatais									Número de mortes em acidentes de trânsito									
		2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
1	Marginal Tietê	48	58	50	56	54	48	35	39	28	49	63	52	59	56	49	39	40	30	
2	Marginal Pinheiros	33	29	30	23	23	24	24	31	18	34	30	30	23	27	24	24	33	19	
3	Av. Aricanduva	17	22	18	20	15	4	9	12	11	19	23	21	21	17	4	9	12	11	
4	Av. Jacu-Pêssego/Nova Trab.	14	7	17	10	25	16	8	20	11	16	7	17	11	25	16	8	23	12	
5	Av. Sen. Teotônio Vilela	16	20	17	10	16	16	20	17	11	16	22	17	10	19	18	20	20	12	
6	Est. M' Boi Mirim	24	15	18	17	18	18	19	21	9	24	15	20	18	19	20	19	21	9	
7	Av. Atlântica	9	9	8	12	12	10	6	6	8	10	12	10	14	13	11	6	6	8	
8	Av. Dona Belmira Marin	13	10	5	10	6	6	8	11	8	16	12	5	10	7	6	8	13	8	
9	Av. Washington Luís	5	10	3	4	5	6	3	5	8	5	10	3	4	5	7	3	5	8	
10	Est. de Itapeerica	14	14	10	18	18	12	6	21	8	14	14	10	19	19	12	6	22	8	
11	Av. Raimundo P. Magalhães	15	13	8	17	14	6	10	8	7	15	15	8	17	17	6	12	8	7	
12	Av. Carlos Caldeira Filho	9	8	4	7	3	4	7	7	6	10	8	4	7	3	4	7	7	6	
13	Av. Cruzeiro do Sul	4	5	2	4	2	4	3	5	6	4	5	2	4	2	4	3	5	6	
14	Av. Interlagos	12	5	11	6	3	8	4	7	6	12	5	11	6	3	8	4	7	6	
15	Av. Mal. Tito	9	7	9	11	10	4	8	14	6	14	7	10	11	10	4	8	15	6	
16	Av. Prof. Luiz Ignácio A. Mello	9	9	4	11	17	4	3	5	6	9	9	5	11	18	4	3	5	6	
17	Est. do Campo Limpo	10	7	7	8	8	5	5	9	6	11	7	7	8	8	5	5	9	6	
18	Av. Alcântara Machado	6	8	5	4	1	10	5	4	5	6	8	5	4	1	11	5	4	5	
19	Av. Celso Garcia	8	10	6	4	5	3	6	2	5	8	10	6	4	5	3	6	2	5	
20	Av. do Cursino	4	6	1	4	2	0	0	4	5	4	6	1	4	2	0	0	4	5	
21	Av. Gov. Carvalho Pinto	1	1	2	2	2	4	2	3	5	1	1	2	2	2	4	2	3	5	
22	Av. Jorn. Roberto Marinho	4	3	8	2	7	4	2	2	5	4	3	8	2	7	4	2	2	5	
23	Av. Rebouças	0	2	6	1	3	5	2	3	5	0	2	6	1	3	5	2	3	5	
24	Av. Sadamu Inoue	4	5	7	4	2	3	3	6	5	4	5	9	5	2	3	3	5	5	
25	Av. São João	2	3	3	3	4	1	1	0	5	2	3	3	3	4	1	1	0	5	

Fonte: CET (2015a).

Sem informações dos impactos dessa redução dentro do contexto paulistano, seguiu-se no processo de aquisição de dados e busca de informações em bases abertas. Baseados em mais de dez estudos nacionais e internacionais, corroborando a importância da redução de velocidade, especialmente em ambientes urbanos (como evidenciado pelo índice de mortes de pedestres na cidade apresentado na Figura 25), tomou-se a decisão de implantar a solução.

Segundo documento publicado pela Companhia de Engenharia de Tráfego (CET, 2015b), embora os dados relacionados a mortes em acidentes de trânsito na cidade fossem menores (10,05 mortes por 100.000 habitantes) do que as médias nacionais

(na mesma época, em torno de 23 para 100.000 habitantes) antes da implantação, a meta seria alcançar os índices de países desenvolvidos que consideram essa métrica uma prioridade.

Figura 25 — Evolução mensal das mortes no trânsito por tipo de usuário.

Fonte: CET (2015a).

O mesmo documento afirma que, com base em 17 estudos diferentes, nacionais e estrangeiros, nas características físicas de modelagem de fluxos de transporte e na adoção dessa medida por países com condições superiores de segurança de vias terrestre, a mudança de velocidades nas vias é justificada.

De acordo com artigo publicado pela revista eletrônica *TheCityFix Brasil*, apesar de aparentemente paradoxal, a medida de fato tem impacto positivo, quando bem dimensionada, tanto no número de acidentes causados quanto no fluxo de veículos (BLUMENFELD, 2015). Nesse artigo, o autor afirma que São Paulo tem características de trânsito similares a Londres ou Nova York, que também implantaram medidas de diminuição de velocidade. Como argumento para alegar que o fluxo de veículos pode ser aumentado com diminuições de velocidade, o autor explica que veículos com maior velocidade ocupam um espaço maior na via, sendo que a diferença entre veículos a 70 km/h e a 90 km/h é de quase 50 % de aumento na ocupação de espaço no segundo caso. Além disso, velocidades menores

contribuem, ainda segundo o mesmo autor, com a diminuição de acidentes, diminuindo consequentemente períodos de interdição da via devido a atendimentos a ocorrências. Outro elemento citado como explicação para o aumento de fluxo, foi o conceito de *shockwave jams*, o fenômeno causado pela frenagem e reaceleração de veículos, que tem um impacto negativo no fluxo maior em altas velocidades.

As alterações de velocidade foram realizadas conforme descritas no site da CET (CET, 2015c):

MARGINAL TIETÊ

- Pistas Expressas: a velocidade máxima passará de 90 km/h para 70 km/h para veículos leves e de 70 km/h para 60 km/h para veículos pesados;
- Pistas Centrais: a velocidade máxima passará de 70 km/h para 60 km/h para todos os tipos de veículos;
- Pistas Locais: a velocidade máxima passará de 70 km/h para 50 km/h para todos os tipos de veículos.

MARGINAL PINHEIROS

- Pistas Expressas: a velocidade máxima passará de 90 km/h para 70 km/h para veículos leves e de 70 km/h para 60 km/h para veículos pesados;
- Pistas Locais: a velocidade máxima passará de 70 km/h para 50 km/h para todos os tipos de veículos.

Nas duas Marginais serão mantidas as velocidades mais baixas, anteriormente adotadas por questões de segurança, em trechos de condições geométricas especiais, a saber:

MARGINAL TIETÊ

- Antes da Ponte da Casa Verde, pista central, sentido Rod. Ayrton Senna, mantida 50 km/h;
- Antes da Ponte das Bandeiras, pista central, sentido Rod. Castelo Branco, mantida 50 km/h.

MARGINAL PINHEIROS

- Antes da Ponte Eusébio Matoso, sentido Rod. Castelo Branco, pista expressa, mantida 60 km/h;
- Próximo ao KM 15, sentido Interlagos, pista expressa, mantida 60 km/h (trecho em obras);
- Antes da Ponte Transamérica (curva), sentido Interlagos, pista única, mantida 60 km/h.

Como resultados desse processo, destacam-se: a diminuição em 20,6% do índice de mortes por acidentes na cidade, entre julho de 2015 e julho de 2016, o que resultou em 257 vidas poupadas (FRANGIONE, 2016), sendo que nos seis primeiros meses o resultado foi de 22,1% (PINHO, 2015); e o aumento do número de multas e a diminuição do volume de lentidão.

A Figura 26 mostra o acumulado de mortes dos últimos 12 meses de março de 2014 a fevereiro de 2016, evidenciando-se a queda desde a implantação da medida.

Esse processo motivou-se pela observação de uma variável de controle na qual se percebeu degradação, como descrito no capítulo "Arquitetura do Modelo de Gestão para Centros Integrados". Para inverter essa tendência, buscaram-se alternativas em diversas fontes e processos de aquisição de informações, tanto internas quanto externas, e iniciativas internacionais. Foram encontrados estudos sobre impactos da redução de velocidade na diminuição de acidentes, sendo a diferença mais crítica em vias de maior velocidade, no caso de São Paulo, a Marginal. Os dados internos corroboraram a questão do índice de acidentes nessas vias. Fez-se, portanto, o estudo do impacto dessa implantação, com base nos dados disponíveis sobre o caso de São Paulo, conjuntamente com as pesquisas e os estudos utilizados, e decidiu-se por sua realização. Após implantação da medida, foi necessário o acompanhamento das variáveis, para verificar seu impacto, inferir a validade da medida e decidir sobre a continuidade do projeto.

Figura 26 — Evolução mensal dos valores anuais móveis do total de mortes no trânsito.

Fonte: CET (2015a).

É importante ressaltar que, embora a motivação fosse a redução de acidentes, deve-se considerar o impacto da solução em todas as métricas que compõem a gestão da mobilidade. Nesse caso, a análise utilizou dados de diferentes fontes, não apenas os índices de acidente, mas também o fluxo de veículos, os tempos de congestionamento, o tempo de atendimento a ocorrências, o tempo de liberação da via e até o índice de roubos na região. Tais índices não foram usados só para tomada de decisões, mas também para responder a questionamentos populares, medidas de conscientização, ampliação do escopo de projeto e respostas a questionamentos da mídia, entre outros.

Como desenvolvimentos futuros dessa medida, propõe-se a utilização dos laços magnéticos para o levantamento da alteração do fluxo de veículos após a implantação da medida. Essa é uma forma de inferir os impactos secundários, que estão indiretamente relacionados ao objetivo de redução no número de acidentes.

Por intermédio desses mesmos laços, combinados com câmeras de vídeo monitoramento e sistemas de leitura automática de placas, é realizada a fiscalização para fazer cumprir a redução de velocidade.

Ressalte-se a semelhança com os modelos propostos e descritos no capítulo "Gestão e Modelagem por Processo de Negócio". O processo de aquisição de dados, assim como o de liberação de informações, foi realizado de forma similar à exposta naquele capítulo. No entanto, os processos de análise de entrada e incorporação no *data warehouse* e de preparação para liberação de informações ainda não têm estrutura para serem realizados da forma descrita, não sendo possível a operação de forma integrada. Essa operação forneceria informações em maior quantidade, com maior confiabilidade, de maior qualidade e mais rapidamente do que é possível através de processos isolados.

No entanto, limitações inerentes aos sistemas de medição ressaltam a importância de incorporar mais dados. Por exemplo, parcerias com iniciativas como o Waze poderiam permitir análises ainda mais profundas de métricas como a ocupação de vias laterais, as estatísticas baseadas em horários e tempo de viagem e o impacto no uso das vias devido a redução ou aumento de erros de trajeto, entre outras. A incorporação de criação de parcerias na rotina de gestão integrada de mobilidade pode acelerar esses processos, agilizando a resposta a novos desafios e beneficiando a população.

Outra contribuição de uso de informações, sem necessidade de ampliação da estrutura disponível em campo, é a utilização dos sistemas de leitura automática de placas para o setor de policiamento, que permite a busca por placas de veículos contraventores ou roubados e informa sua localização para a polícia. Esse trabalho está sendo implantado através dos equipamentos de fiscalização eletrônica (radares), com uma estrutura de dados e processamento sofisticada, pois, além da comparação das placas com o banco de buscas, foi necessária uma forma de comunicação eficiente e rápida com as forças policiais, uma vez que essa informação tem maior valor quanto mais rápida for a resposta. Essa medida implantada reforça a importância de um centro para integração com as demais informações e áreas.

6.2 OPERAÇÃO CONTROLADA DOS ÔNIBUS URBANOS

O segundo caso de melhoria para a mobilidade urbana vinculada ao uso de informações é o da operação controlada na extensão do horário de funcionamento dos ônibus urbanos de São Paulo.

Em uma cidade com as dimensões da capital paulista, o fluxo de pessoas é incessante. Viagens no período da madrugada são rotineiras, por diferentes motivos: atividades de lazer, trabalhos noturnos, emergências médicas e retorno de viagens, entre outros. Antes da implantação desse sistema, essas viagens eram feitas por meios particulares.

Segundo o site da prefeitura de São Paulo, 43,4% dos usuários do sistema de transporte na madrugada não utilizavam o serviços por falta de oferta (SÃO PAULO, 2015). A Figura 27 mostra como os passageiros realizavam suas jornadas nesse período, antes da implantação do novo sistema.

Figura 27 — Atitudes dos usuários antes da implantação do sistema.

Fonte: CET.

A dinâmica de trânsito na madrugada é significativamente diferente das condições diurnas e de horários comerciais. Considerar as estatísticas e informações colhidas apenas durante esses períodos acarretaria imprecisões na modelagem de demanda, estimativas de tempo de viagem e criação de linhas e percursos, entre outros aspectos. Esses elementos corroboram a importância de captura, tratamento e utilização de dados para gestão de mobilidade urbana.

A rede da madrugada conta com um total de 151 linhas que operam de 0:00h a 4:00h. Desse total, 50 linhas são consideradas estruturais, com periodicidade de 15 minutos, e as restantes locais, com intervalo de 30 minutos. Devido à coincidência entre o horário de operação das linhas noturnas e o de maior consumo de bebidas alcoólicas, pode-se obter resultados positivos em relação à diminuição de acidentes causados por embriaguez (REDE DA MADRUGADA..., 2015).

Segundo a SPTrans (s/d), as características do serviço são as seguintes:

O SERVIÇO

- Rede de Ônibus da Madrugada que funciona da 0h às 4h, ligando toda a cidade;
- Atende os usuários do Metrô, passando junto ou próximo das estações;
- Intervalos menores e pontualidade;
- Atende as principais atividades noturnas da cidade.

TERMINAIS DE INTEGRAÇÃO

- Principais pontos de integração e acesso a rede do NOTURNO;
- Oferece ligação para várias regiões da cidade;
- Todas as linhas do NOTURNO passam em, pelo menos, um terminal.

LOCAIS DE CONEXÃO

- Locais estratégicos são iluminados e sinalizados;
- Estão posicionados próximos aos principais cruzamentos da cidade;
- Referência para localização da Rede de Ônibus da Madrugada – NOTURNO.

LINHAS LOCAIS [...]

Intervalos de 30 minutos

- Ligam os bairros ao terminal de integração mais próximo, com trajetos circulares;
- Atende os principais polos de interesse dos bairros durante a madrugada.

LINHAS ESTRUTURAIS (na tabela abaixo)

Intervalos de 15 minutos

- Ligam 2 terminais de integração com trajetos mais rápidos;
- Os ônibus circulam nos corredores e vias importantes de São Paulo;
- Interligam as regiões da cidade.

A Figura 28 ilustra a disposição de linhas e terminais do serviço.

Figura 28 — A rede de Ônibus da Madrugada.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para viabilizar o serviço e promover eficiência, a SPTrans criou uma iniciativa chamada "operação controlada", que prevê os serviços prestados, o monitoramento e o controle de operação. A remuneração é feita pelo custo unitário da prestação de serviço e viagens realizadas. Além disso, o monitoramento utiliza o Sistema Integrado de Monitoramento (SIM).

A implantação da operação controlada traz vantagens, como respostas mais rápidas às demandas do transporte, aumento da confiabilidade e regularidade, melhoria da oferta através de racionalização das linhas, melhoria na previsão dos tempos de espera e de viagem, veículos mais seguros e equipes de trabalho mais qualificadas.

Esse procedimento prevê diversas medidas de controle por parte da gestão da SPTrans: cadastro prévio tanto de tripulação, como de frota; inspeção prévia da frota quanto a limpeza, conservação e apresentação da tripulação; reserva operacional de veículos para garantir a regularidade das viagens; verificação da qualificação dos profissionais; controle de partida e controle de chegada; ferramentas de controle de transparência das empresas envolvidas; e reuniões semanais de acompanhamento de operação controlada, incluindo discussão de propostas para melhoria.

Para permitir esse acompanhamento, a SPTrans instalou equipamentos embarcados que fornecem a posição de cada veículo em tempo real, sendo essa informação integrada à de outros veículos para acompanhar o funcionamento dos serviços. Com intuito de garantir o funcionamento do sistema mesmo em casos de falha no sistema de informação, adotou-se o sistema descrito na Figura 29, a seguir.

Figura 29 — Níveis de controle na operação Ônibus da Madrugada.

❑ NÍVEIS CONTROLE			
NÍVEL	TIPO DE RECURSO	RECURSOS TECNOLÓGICOS	MODO DE OPERAÇÃO
1	MÍNIMO	APENAS COMUNICAÇÃO COM PESSOAL DE CAMPO - TERMINAIS	CONTROLE DE PARTIDAS E CHEGADAS
2	MAPA SIM	- MAPEAMENTO DA LINHA E DOS PONTOS - MENSAGENS DE TEXTO COO-VEÍCULO	CONTROLE DE PARTIDAS E CHEGADAS COM VISUALIZAÇÃO NO MAPA, SEM DISTÂNCIAS OU TEMPOS
3	QUADRO SINÓTICO	NÍVEL "2" MAIS: - DIAGRAMA DA LINHA - IDENTIFICAÇÃO E POSIÇÃO DOS VEÍCULOS - ESTADO DA MARCHA DO VEÍCULO (ATRASO OU ADIANTAMENTO)	CONTROLE DE PARTIDAS E CHEGADAS COM VISUALIZAÇÃO NO DIAGRAMA, SEM DISTÂNCIAS OU TEMPOS
4	QUADRO SINÓTICO COM TEMPOS	FUNCIONALIDADES DO NÍVEL "3" MAIS TEMPOS DOS VEÍCULOS (ATRASOS/ADIANTAMENTOS). <u>DEPENDENTE DE DESENVOLVIMENTO</u>	CONTROLE POR MEIO DO QUADRO SINÓTICO COM AÇÃO JUNTO AO MOTORISTA PARA RECUPERAÇÃO ATRASOS OU ADIANTAMENTOS

Fonte:SPTrans (2015).

A iniciativa fornece dados para a operação de um aplicativo desenvolvido pela Scipopulis com apoio da organização não governamental Unisol. Além de informações referentes às linhas disponíveis, pontos de ônibus mais próximos e sua programação, o aplicativo Coletivo da Madrugada opera em tempo real. Os dados são cedidos pela SPTrans (APLICATIVO PARA ÔNIBUS..., 2016). Essa parceria é um exemplo da

prática de disponibilização de dados e informações para o setor privado que resulta em serviços de utilidade pública. Com a ampliação da estrutura de dados pertencente a um centro integrado, essa prática pode alcançar novos patamares.

Em seis meses de funcionamento, de fevereiro a setembro de 2015, a operação Ônibus da Madrugada transportou 4,96 milhões de passageiros. Desse total, 78% utilizam o serviço para ir e voltar do trabalho. De março a agosto daquele ano, a demanda subiu de 712.765 para 877.672 passageiros (REDE DA MADRUGADA..., 2015).

Facchini e Dias (2016) concluem que a iniciativa de operação controlada, utilizada nesse caso, é um exemplo de sucesso e terá impacto positivo ao ser ampliada para o serviço de transporte público sobre rodas como um todo.

6.3 SISTEMA DE ESTACIONAMENTO DIGITALIZADO

São comuns, em diversas cidades, regiões em que há uma tarifa para o estacionamento de veículos particulares em vias públicas. Em São Paulo, tais áreas chamam-se "zona azul". Tradicionalmente, o motorista estaciona e adquire um bilhete que deve ser colocado dentro do veículo, junto ao para-brisa, para que não seja multado. A capital paulista conta agora com um aplicativo digital que facilita esse pagamento.

O novo serviço, Zona Azul Digital, permite que o usuário realize o pagamento da tarifa de estacionamento por intermédio de aplicativos autorizados e, em vez de colocar um papel no para-brisa, a informação de pagamento é enviada a um banco de dados. Ao verificar a placa do veículo estacionado, os fiscais recebem a informação de que o pagamento foi feito.

Um passo necessário à implantação de um sistema mais dinâmico de lidar com o estacionamento urbano é sua digitalização. Para adotar tal medida, foram necessários estudos da implantação desse tipo de serviço em outras cidades e a definição de uma estrutura funcional que permitisse segurança e confiabilidade no sistema de cobrança, assim como consistência no sistema de fiscalização. Iniciativas de melhoria na gestão de estacionamentos são uma tendência observada em diversas cidades com um quadro de mobilidade mais desenvolvido, como nos exemplos descritos no capítulo

"Fundamentos Teórico-Metodológicos do Modelo para Centros Integrados": Londres, Washington e Cingapura. A Figura 30, a seguir, ilustra o funcionamento do sistema.

Figura 30 — Funcionamento da Zona Azul Digital.

Fonte: CET (2015a).

A estrutura utilizada para a cobrança de tarifas inclui a interação do usuário com um aplicativo (desenvolvido em parceria de uma distribuidora com a CET), conforme descrito na Figura 31.

O site da CET apresenta as principais vantagens desse sistema:⁹

- Evita fraudes;
- Dispensa o preenchimento de cartões impresso em papel;
- Dispensa manter o comprovante de pagamento da tarifa no interior do veículo;
- Comodidade de utilizar o cartão de crédito como forma de pagamento;
- Permite a consulta aos números de autenticações de todas as transações;
- Funcionalidades dos aplicativos:
  - Indicação de tempo restante de estacionamento;
  - Alarme indicando se é possível nova ativação ou se é necessária a retirada do veículo;
  - Consulta de saldo;
  - Extrato de aquisição e ativação do CAD;
  - Auxílio com mapas e buscas pelo nome da via.

⁹ Ver <http://www.cetesp.com.br/consultas/zona-azul/zona-azul-digital/como-funciona.aspx>.

Figura 31 — Processo de pagamento da Zona Azul Digital.

Fonte: CET (2015a).

A implantação da Zona Azul Digital incorpora dados fornecidos por aplicativos privados, com uma estrutura de recebimento dentro da CET, informação que, posteriormente, é encaminhada para fiscais distribuídos nas vias para verificação do estado do pagamento. Essa integração de dados nas duas pontas de aquisição de informação e de distribuição de informação ilustra a integração esperada pela aplicação dos processos descritos no capítulo anterior.

Dias e Este (2016) propõem um sistema mais avançado, um possível desenvolvimento posterior, no qual a disponibilidade de vagas é informada através da conexão de sensores com a internet das coisas, fazendo com que a informação referente a vagas disponíveis chegue de forma mais ágil aos motoristas.

6.4 EXPLORAÇÃO DO USO INTENSIVO DO VIÁRIO URBANO

A tradicional exploração do viário urbano por motoristas de táxis, por colaboradores de empresas de transporte público e por empresas de transporte de carga pode ser significativamente ampliada por novos modelos de negócio baseados em tecnologia de informação. Aplicativos como Uber, Cabify e WillGo, entre outros, promovem o trabalho autônomo de motoristas em diversas localidades, por meio do contato intermediado entre esses profissionais e seus eventuais passageiros, ou o compartilhamento de veículos na forma de caronas sem fins lucrativos, mas com pagamento a título de divisão de custos.

Essa nova ocupação, porém, traz problemas e discussões polêmicas, tanto no quesito de regulamentação desses novos profissionais, quanto no papel dos profissionais que já atuavam nesse nicho de mercado, os taxistas. Nesse contexto, diferentes grupos de interesse iniciaram processos jurídicos para determinar os moldes da regulamentação, iniciado pela introdução do Uber, com profissionais defendendo, de um lado, a liberação e, do outro, a proibição, através da manutenção da legislação vigente, desses aplicativos. Esse tipo de decisão, embora não diretamente feita por gestores da área de mobilidade urbana devido ao seu caráter jurídico, requer debates em diferentes esferas da sociedade, sendo os responsáveis pela regulamentação dos serviços tradicionais afetados, os interessados na introdução dessas novas formas de exploração e os gestores de mobilidade elementos chave para a definição de políticas eficientes.

Em um relatório elaborado pela Fundação Getúlio Vargas, em conjunto com a Câmara Municipal de São Paulo (FGV, 2015), são apontadas as principais argumentações referentes a esse tema. Segundo os autores, enquanto alguns países regulamentaram esses novos modelos de negócio, outros tentaram criar plataformas próprias para inserir essas iniciativas, mas essa segunda abordagem encontrou sucesso limitado. Um dos argumentos apresentados a favor da regulamentação desses serviços reside na apresentação do volume de vagas ociosas em veículos utilizados na capital paulista, aproximadamente 50 milhões, e na possibilidade do uso dessas tecnologias para utilizar essas vagas. São apontadas, pelos mesmos autores, três opções para o poder público: regulamentação, proibição ou liberação. A seguir, expõem-se as principais considerações em cada um dos casos.

Regulamentação

- Em um mesmo setor, não deve haver a operação sem regulamentação (aplicativos) em paralelo com operação hiper-regulada (táxis).
- Possibilita melhorar a qualidade do serviço e otimizar a utilização das vias públicas.
- Os aplicativos têm tido bons índices de aprovação.
- Possibilidade de tributação regulatória.

Proibição

- Seria uma solução temporária, uma vez que esse tipo de iniciativa deve se proliferar, sendo inviável considerar que essas soluções não estariam disponíveis em médio prazo.
- Os cidadãos devem ter o direito de disponibilizar seu tempo e seus serviços e de escolher os serviços que desejam utilizar.
- Existe demanda pelo serviço.

Liberação

- Um argumento que vai contra a liberação é o de que o mesmo setor não deve ser hiper-regulado para uns (táxis) e não regulado para outros (aplicativos).

Nesse mesmo relatório (FGV, 2015), os autores afirmam que houve concordância no sentido de se optar pela regulamentação. Além disso, é discutido explicitamente o tema de compartilhamento de dados como contribuição à proposta de regulamentação, que vai de encontro ao tema desta tese, sendo citado, como uma das intenções, ao se promover esse compartilhamento, o acesso ao grande volume de dados que essas empresas podem gerar. A possibilidade do uso desses dados para a fiscalização foi levantada nesse relatório, com a ressalva da necessidade de uma legislação para proteger o sigilo dos usuários.

Para se proceder à discussão desse tema, a literatura acadêmica fornece diversas informações relevantes. Chen; Mislove e Wilson (2015) levantam questionamentos quanto à política de preços desses aplicativos e ao fato de que os algoritmos utilizados podem ser injustos e manipuláveis. Em um relatório publicado pelo Conselho Administrativo de Defesa Econômica (CADE), após uma comparação entre cidade onde opera o aplicativo Uber com aquelas onde o aplicativo não havia entrado em

funcionamento, o autor concluiu que, com base nesse estudo preliminar (finalizado em maio de 2015), o aplicativo não havia influenciado significativamente o mercado de táxis. O mesmo autor propõe que esses dados indicam o surgimento de um novo mercado, não de um novo competidor no mercado de taxis. Embora a desregulamentação de táxis independentes possa levar, como no caso da Holanda (BAANDERS; CANOY, 2010), a uma diminuição na qualidade dos serviços, segundo outro relatório do CADE a autorregulação interna desse tipo de aplicativo, fiscalizado majoritariamente por usuários e regulado pelo par motorista-empresa, promove um serviço de qualidade e preço competitivo (ESTEVES, 2015).

Outra fonte de informações a ser considerada são os casos de resolução internacional. Na Alemanha, o aplicativo está proibido de utilizar motoristas não licenciados, operando, portanto, de forma limitada. Portland criou nova categoria, denominada serviços de transporte em rede (*transportation network services*), para englobar iniciativas como o Uber e similares, especificando regulamentação diferenciada que inclui limitação no número de horas de trabalho, exigência de kit de primeiros socorros nos veículos e seguros diferenciados, entre outros requisitos. Washington tomou decisão similar e atribuiu a fiscalização à comissão de táxis da cidade. Em Nova York, os aplicativos foram regulados, mas com uma exigência com relação à transparência dos mecanismos de oscilação de preços. Na França, foi estabelecida legislação rigorosa, que, na prática, inviabiliza esses serviços em seu caráter inovador, tornando-os mais parecidos com os aplicativos tradicionais de requisição de táxi. Segundo Zanatta; Paula e Kira (2015), atualmente está havendo uma discussão e readequação jurídica para incorporar essas inovações.

Nesse sentido, a decisão da cidade de São Paulo de regulamentar essas iniciativas, com foco em melhoria da mobilidade urbana e no compartilhamento de informações, não apenas está de acordo com os preceitos atuais de sistemas de transporte inteligentes, como é inovadora. Inicialmente, as prestadoras de serviço participam de um leilão para comprar uma quantidade de quilômetros a rodar; quando esse limite for excedido, passaria a ser cobrada uma tarifa de excesso. Esse sistema permite que as tarifas de excesso sejam utilizadas de forma a respeitar limitações de tráfego, com preços diferenciados em horário de pico e descontos para passageiros com deficiência (DARIDO; ALVES; TARGA, 2016).

Segundo Jaffe (2016), essa abordagem proposta pela capital paulista é a melhor para lidar com o problema, graças a sua simplicidade e sua adaptabilidade. Com a política de leilão de quilômetros a rodar, a cidade consegue, sem afetar o lado inovador destes aplicativos, obter um controle sobre a oferta.

6.5 SISTEMA DE CONTROLE DE TRÁFEGO E DADOS

São Paulo tem cerca de 6,3 mil cruzamentos semaforizados. Desses, cerca de 4,5 mil devem operar no ajuste denominado "tempo fixo", em contraposição ao "tempo real", em que os tempos semafóricos se ajustam a cada momento em função do fluxo de tráfego.

A Central de Operação de Semáforos de Tempo Fixo em desenvolvimento pela empresa ganhadora do projeto no concurso do MobiLab não é, de fato, uma central física, mas um sistema extremamente complexo que poderá ser operado de um simples computador em cada uma das seis centrais de tráfego em área (CTAs), os setores da CET que centralizam o controle e a operação de semáforos de determinada parte da cidade. É um sistema que permitirá a qualquer CTA "conversar" com qualquer tipo de máquina que esteja na rua, independentemente do fabricante, usando um protocolo único aberto e sem cabos.

Em sistemas semafóricos centralizados, os controladores eletrônicos são conectados a um ou mais computadores, o que permite programação feita de uma única sala de controle. Atualmente, contudo, apenas 30% dos controladores dos semáforos de São Paulo estão conectados a um sistema centralizado, ou seja, para os outros 70% — mais de três mil cruzamentos —, é necessário que um funcionário esteja fisicamente no local, para realizar qualquer intervenção no controlador do semáforo. Na realidade, esse percentual é superior a 70%, pois a comunicação é via cabos e, com o seu rompimento (em consequência de obras na via ou problemas em emendas), os controladores passam a operar de forma isolada, sem conexão com a central, perdendo-se assim o sincronismo e o controle das falhas que venham a ocorrer. A conexão por cabos representa um alto custo para expandir e manter a comunicação entre os demais controladores.

Ainda que 30% dos controladores estejam conectados, cada controlador só se comunica com controladores do mesmo fabricante. Na prática, isso quer dizer que os

sistemas semafóricos centralizados (os tais 30%) são, com efeito, vários sistemas isolados, cada qual de um fabricante diverso. Ou seja: cada CTA não tem uma central que controla os semáforos centralizados da região que lhe corresponde, mas uma “centralzinha” de cada fabricante dentro da central. É uma grande fragmentação, para controlar pequena porcentagem dos semáforos da região.

Com isso, necessita-se de especialização dos técnicos operadores da CET. Eles precisam saber das peculiaridades de programação na central e de intervenção na rua de cada tipo de controlador, dependendo do fabricante. Às vezes, o mesmo corredor (avenida) tem controladores de fabricantes diferentes. Também se perde muito tempo para resolver problemas, quando se fica na dependência de técnicos ultraespecializados em controladores desse ou daquele fabricante. Há que se considerar, ainda, que cada fabricante tem modelos diferentes e que as tecnologias evoluíram cada uma à sua maneira.

Com cada fabricante operando com a sua própria central, a CET é obrigada a trabalhar com tantas centrais quantos forem os fabricantes de controladores adquiridos. Nesse cenário, cada fabricante constrói seu controlador e sua central de acordo com uma estrutura e uma lógica próprias, detendo, assim, a inteligência inerente ao negócio. A CET permanece como mera consumidora de tecnologia, desprovida de sua inteligência e é obrigada a adaptar-se aos desenvolvimentos dos produtos do mercado.

O primeiro e importante passo para a padronização foi dado pela SMT em 2014, quando regulamentou a adoção de protocolos abertos de comunicação dos controladores semafóricos e das centrais de controle. Assim, novos controladores e centrais adquiridos devem observar os padrões abertos de comunicação. Contudo, no caso de controladores de tempo fixo, apenas a adoção de protocolo aberto e padronizado não é suficiente para obter a desejada intercambiabilidade. É necessário que a CET tenha uma central única e que os fabricantes dos controladores projetem e construam controladores compatíveis com a Central da CET. É isso que está sendo feito no Mobilab, mas com uma lógica invertida. Coloca-se a inteligência na CET.

Projeto resultante do concurso do Mobilab foi além de fazer a central de operações de semáforos de tempo fixo e está produzindo também um sistema operacional para

rodar dentro dos controladores (independente do fabricante). Em vez de dar um protocolo para o fabricante do controlador criar o *software* com esse protocolo, colocando sua inteligência (e cobrando por essa) no controlador, será permitido que qualquer empresa de *hardware* possa fabricar um controlador, porque não haverá mais necessidade de sistema operacional no controlador. Será necessário somente o *hardware*, pois o *software* será da CET. Na realidade, será uma tecnologia aberta que poderá ser copiada para qualquer cidade do Brasil, em protocolo aberto, não proprietário — um legado para o país.

Cada controlador custa cerca de R\$ 20 mil. Sem a inteligência, o custo de substituição dos controladores de toda uma cidade cairá vertiginosamente. Isso viabiliza a centralização de 100% dos sistemas semaforicos da cidade e seu controle automático, padronizado, em um único computador da central. Isso porque, se os fabricantes não desenvolverem controladores de acordo com a estrutura lógica de programação que será adotada pela nova central, não haverá no mercado controladores semaforicos que sejam compatíveis com essa, quando a mesma estiver concluída.

Isso indica um caminho na direção de um sistema de internet das coisas, que possui um potencial gigantesco. Com o domínio da inteligência do sistema operacional, cada cruzamento da cidade está sendo dotado de capacidade de processamento, a qual poderá ser usada como se quiser. A arquitetura colocada em cada controlador permite evoluir para cenários distintos, de acordo com os avanços da tecnologia.

Também a forma de programação semaforica será revolucionada. Devido às questões de segurança, complexidade, variáveis envolvidas e inúmeras interfaces, não é nada simples programar semáforos. Determinar tempos, ciclos, sincronia de semáforos é extremamente complexo. Quanto mais manual o processo, mais sujeito a erros e mais tempo de segurança em cada ciclo deve ser dado. Com a central de operações nova, será muito simples. É um sistema amigável ao operador da CET. Como técnicos já relataram, a nova forma de programar parece um videogame: o técnico arrasta "coisas" na tela e a programação é dada. O sistema tem várias parametrizações que fazem ajustes automáticos e consistências não permitem programações conflitantes. Ao facilitar a programação, é necessário menos tempo de atraso nos ciclos semaforicos e o impacto na mobilidade da cidade é grande.

O projeto estará concluído em dezembro de 2016. Atualmente, há um protótipo da central de operações em teste nas CTAs. A parte da complexidade de programação (o "videogame") já está pronta, ou seja, estão concluídas as funcionalidades do sistema para programar o semáforo. Também foi construído um controlador, porque a equipe não tinha um para testar e validar as ideias. Foi feito um simulador de dois controladores conectados à internet que podem processar toda a programação semafórica. No momento, está sendo finalizada a comunicação da central (o *software*) com o controlador e a telemetria está em testes, para certificar que se pode ver em tempo real o que acontece com cada controlador/semáforo.

Até 2012, a cidade passou por um período em que a manutenção foi deficiente, realizando basicamente serviços de manutenção corretiva dos equipamentos controladores de tráfego e troca de lâmpadas queimadas. Os sistemas de detecção de veículos praticamente não tiveram manutenção e a coleta de dados de tráfego se encontra totalmente degradada, de forma que não é possível se ativar os sistemas de controle de tráfego em tempo real em mais de 90% das interseções centralizadas, apenas sendo possível operar com programação multiplano de tempo fixo por tabela de horários predefinidos.

As ações voltadas para a manutenção são de suma importância para a segurança e funcionalidade dos equipamentos. Para tanto, foi realizado um diagnóstico da situação por parte do órgão gestor municipal, a partir de um levantamento completo de todos os semáforos existentes, item por item, inclusive com fotos. O projeto recebeu o nome de DNA Semafórico, que serviu de base para planejamento e preparação dos termos de referência dos contratos de revitalização do parque semafórico da cidade (CET, 2013).

Explicando em números: em agosto de 2013, teve início o contrato de revitalização do sistema semafórico crítico de São Paulo, abrangendo 4,8 mil cruzamentos semaforizados da cidade, que previa diversos serviços de melhorias, a saber:

- instalação de sistema padrão GPS, para sincronismo dos relógios, e GPRS (*General Packet Radio Service*) ou superior para monitoramento do estado do controlador na Central de Monitoramento, através de sistema de detecção de falhas, para 1,8 mil controladores;

- fornecimento, instalação, configuração e programação de 880 controladores semafóricos eletrônicos em tempo fixo e retirada dos controladores existentes, conforme relação constante do edital, com sistema de comunicação padrão GPS, para sincronismo dos relógios, e GPRS ou superior, para monitoramento do estado do controlador na central, devendo estar preparados para operar com grupo focal a LED;
- fornecimento, instalação, configuração e programação de 40 controladores semafóricos eletrônicos em tempo real e retirada dos controladores existentes, de tecnologia atualizada a serem centralizados na central de controle da CTA-1, preparados para operar com grupo focal a LED;
- fornecimento, instalação, configuração e programação de 40 controladores de tecnologia atualizada a serem centralizados nas centrais de controle da CTA-3 e CTA-4, preparados para operar com grupo focal a LED, retirando-se os controladores semafóricos existentes;
- fornecimento, instalação, configuração e programação de 40 controladores de tecnologia atualizada a serem centralizados nas centrais de controle da CTA-2 e CTA-5, preparados para operar com grupo focal a LED, retirando-se os controladores semafóricos existentes. Além dos escopos específicos, as empresas contratadas forneceram itens a serem instalados em central de monitoramento de controladores semafóricos por GPRS-Manutenção:
- sistema de monitoramento de controladores semafóricos por GPRS, na plataforma WEB, especificado pela contratante, que apresenta em uma central de monitoramento, através de ícones diferenciados, os principais estados dos respectivos controladores em um mapa georreferenciado, utilizando tecnologia GSM/GPRS;
- fornecimento e instalação de um servidor com *software*, por lote, para realizar o tratamento dos dados referentes aos status dos controladores semafóricos e *no-breaks*, disponibilizados em central de monitoramento de controladores semafóricos (manutenção), possibilitando a apresentação, através de ícones diferenciados, destes status em mapa georreferenciado, atualizados de cinco em cinco minutos; e
- fornecimento e instalação de *video-wall*, estações de trabalho e impressoras.

Vale ressaltar outro aspecto fundamental do serviço, com relação ao tempo de reparo para a manutenção dos semáforos com falha detectada: o atendimento deve ser de no máximo duas horas após a constatação da ocorrência da falha.

A Figura 32 mostra a evolução dos serviços de revitalização dos semáforos entre 2013 e 2015.

Figura 32 — Evolução dos serviços de revitalização semafórica.

Fonte: CET (2013).

A evolução das ocorrências de falhas apresenta uma sazonalidade característica, cujo período mais crítico é durante o período de chuvas, no verão, que prejudicam sobremaneira o funcionamento dos equipamentos. Para visualizar essa situação, foi analisada a evolução das ocorrências de falhas no período de 2004 a 2015. O Quadro 3 mostra o número total de falhas por ano nesse período. Pode-se verificar que, após 2013, quando do início da revitalização semafórica, houve significativa redução no número de falhas em semáforos.

Quadro 3 — Ocorrências de falhas por ano em semáforos, 2004 a 2015.

Falhas em semáforos												
Ano	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Falhas / ano	23.186	20.648	21.928	21.292	18.612	19.429	20.739	21.501	26.205	20.686	10.886	7.947

Agosto 2013 (início da revitalização)

Fonte: CET (2013).

Para melhor visualizar essa variação e a tendência de redução do número de falhas após os serviços de revitalização, a Figura 33 apresenta a evolução mês a mês no período de 2004 a 2015. Pode-se verificar o comportamento sazonal do número de falhas, com destaque para a indicação dos períodos de chuva. A redução das falhas ocorreu de forma significativa, chegando a 70% em 2015, em comparação com os valores médios do período anterior aos serviços de revitalização.

Figura 33 — Evolução mensal de ocorrências de falhas em semáforos, cidade de São Paulo, 2014-2016.

O Quadro 4 e a Figura 34 mostram a participação percentual por grupo de falhas, agregando no mesmo grupo as falhas decorrentes de "Agentes externos" e excluindo as falhas do grupo "Nada consta". Deve ser ressaltada a alta participação de falhas decorrentes de furtos, vandalismo e acidentes, agrupadas como falhas de origem

decorrente de "Agentes externos", pois independem do grau de conservação e manutenção do parque semaforico e representam 51% dos atendimentos das equipes de manutenção.

Quadro 4 — Falhas confirmadas pela manutenção, por grupo.

Grupo / origem da falha	Percentual de ocorrência por grupo de falha confirmada (em %)
Terceiros	1
Agentes externos	51
Garantia	5
Rede elétrica	14
Eletrônico	29

Fonte: CET (2013).

Figura 34 — Distribuição de falhas confirmadas pela manutenção, por grupo.

Fonte: CET (2013).

O desempenho dos serviços de revitalização semaforica realizados e a respectiva manutenção foram analisados com relação aos indicadores explicitados a seguir.

- *Percentual de equipamentos em funcionamento normal* — considerando o parque de 6,3 mil cruzamentos semaforizados, as falhas ocorrem em média por dia em 0,3% dos cruzamentos (19 locais), ou seja, 99,7% dos cruzamentos semaforizados operam normalmente, o que é um indicador de bom desempenho dos serviços nesse quesito. Cabe lembrar que, nos contratos de manutenção do sistema semaforico de Londres, o índice de equipamentos em funcionamento normal deve observar o mínimo de 99,1%.

- *Tempo de atendimento da ocorrência* — cerca de 70% das ocorrências são atendidas em menos de duas horas e as 30% restantes, atendidas em tempo superior a duas horas, referem-se, em sua maioria, a problemas decorrentes de agentes externos e/ou a equipamentos existentes que necessitam de troca, devido ao longo tempo de uso, muitas vezes reformados/recondicionados para suportar mais um período. Comparativamente às recomendações da Administração Federal de Rodovias dos Estados Unidos (FHWA), que estabelece o máximo de uma hora, deve-se considerar que as dimensões dos sistemas na maior parte das cidades norte-americanas não chegam a mil cruzamentos, conforme consta dos documentos pesquisados. Portanto, para um parque com mais de 6 mil cruzamentos, em que mais de 30% das falhas são atendidas em até uma hora e outro tanto em até duas horas, pode-se afirmar que o indicador reflete uma prestação de serviços de manutenção adequada às necessidades da municipalidade.
- *Tipos de falhas versus origem das falhas:*
  - dentre os atendimentos às falhas abertas, 21% desses (em quatro locais) referem-se a chamados em que a equipe não encontra nenhum defeito no local, provavelmente decorrentes de falhas intermitentes ou a algum *reset* automático do equipamento; com isso, o universo das falhas efetivamente comprovadas representa 79% do total de ocorrências abertas (15 locais);
  - considerando o universo dos chamados com falhas efetivamente comprovadas, destaca-se o motivo decorrente de agentes externos (falhas decorrentes de furtos, vandalismo e acidentes), que incide em 51% dos atendimentos (oito locais), e de problemas na rede elétrica (falta de energia), que incide em 14% dos atendimentos (dois locais); e,
  - portanto, as falhas decorrentes de problemas em equipamentos e/ou nas instalações representam apenas 35% das ocorrências de falhas efetivamente comprovadas, em média — ou seja, cinco locais por dia —, com falhas que podem ser atribuídas a equipamentos e/ou instalações, o que indica um bom desempenho dos serviços, nos quais apenas 0,08% de cruzamentos semaforizados apresenta falha decorrente de equipamentos.

Em função dos indicadores observados durante o período em que os serviços de revitalização e manutenção semafórica vêm sendo realizados, verifica-se que os parâmetros atendem a padrões de eficiência comparáveis a recomendações de indicadores que constam de bibliografia internacional para desempenho de serviços similares relativos à manutenção de sistemas semafóricos.

Por fim, deve ser destacado que as atividades de manutenção contratadas para o sistema de semáforos de São Paulo suprem as necessidades prioritárias para funcionamento do sistema. Mas não devem parar por aí, e outras etapas, objeto de futuras contratações, deverão ser realizadas, para revitalização completa do sistema de controle semafórico, em especial:

- rede de comunicações e conectividade, interligando todas as centrais de tráfego e toda a rede de semáforos da cidade;
- revitalização dos sistemas de detecção de veículos, de acordo com as necessidades e requisitos para funcionamento do Sistema Adaptativo em Tempo Real; e
- atualização do *software* dos sistemas centralizados com tecnologia de Sistema Adaptativo em Tempo Real nas cinco centrais de controle de tráfego, no padrão que foi adotado para a cidade, com o programa SCOOT, cujas facilidades possibilitam, além de atualização permanente e contínua dos tempos dos semáforos, introduzir parâmetros específicos em locais onde seja recomendado estabelecer prioridade para a circulação e a passagem dos ônibus nos cruzamentos semaforizados.

Como enfatizado em todo este trabalho de pesquisa, para a integração da gestão operacional do trânsito e dos transportes, planeja-se implantar um modelo de gestão através de processo de negócio para automatização da Central Integrada de Mobilidade Urbana (CIMU). Por intermédio dessa central, o sistema paulistano de monitoramento de trânsito e transporte coletivo se tornará integrado, uma vez que, com a revitalização do parque tecnológico, será possível compartilhar dados e informações entre as centrais de operações da SPTrans e de todas as centrais da CET (Central de Operações, centrais de semáforos e de túneis).

Para que essa ação planejada tenha eficácia, é fundamental a continuidade da recuperação do sistema de controle semafórico com os itens de controle e gestão

acima descritos, para que seja viável acompanhar o dinamismo das condições de trânsito da cidade, onde as ocorrências de incidentes, manifestações, variações climáticas/enchentes implicam alterações dos carregamentos do tráfego decorrentes de desvios e de restrições de capacidade do tráfego. Nessas circunstâncias, o sistema de detecção de veículos é condição básica para a operação adequada, em sua plena capacidade de operação. As experiências internacionais relatadas anteriormente neste documento indicam que devem estar operando no mínimo 95% dos detectores do sistema, para que haja uma resposta adequada do sistema adaptativo de controle de tráfego, acompanhando as variações das intensidades de tráfego e restrições de capacidade decorrentes de ocorrências de incidentes.

6.6 LABORATÓRIO DE MOBILIDADE E PROTOCOLOS ABERTOS (MOBILAB)

O potencial da tecnologia na melhoria da gestão e oferta de serviços públicos é suficientemente conhecido. Em janeiro de 2013, a SMT encontrava-se no mesmo patamar tecnológico de 10 anos antes. Nada havia sido modernizado. Nada se investira em tecnologia para resolver o gargalo da mobilidade urbana de São Paulo.

Ainda assim, para começar a mudar esse quadro, contava-se com uma administração acostumada a comprar tecnologia da informação, desenhando editais de grandes licitações com base nas tecnologias já existentes e apresentadas pelos próprios fornecedores. Essas empresas acabam oferecendo um produto já desenvolvido, em código fechado e baseado em licenças proprietárias que representam um custo sistemático para o governo. Além disso, dessa forma, a inovação fica no setor privado e o setor público é mero consumidor dessas inovações — e a um alto preço. Mas introduzir inovação no setor público é complexo. E essa é precisamente a proposta do Mobilab, criado pela SMT.

A SMT propôs uma inovação institucional. O MobiLab é um meio para se mudar a forma de relacionamento da administração pública com a tecnologia. Uma saída do modelo passivo de consumo de tecnologia e uma maneira de introduzir a criatividade, a customização e a agilidade típicas de empresas *startups* no setor público.

A execução dessa proposta inovadora do MobiLab se dá por diferentes formas. A produção de soluções tecnológicas ocorre em duas vertentes. A primeira visa o desenvolvimento de sistemas para melhoria da gestão das políticas públicas de

mobilidade (ou consumo interno de soluções de TI). Para isso, foi concebido no Mobilab um formato jurídico-institucional único para viabilizar a mudança do paradigma de compras públicas de tecnologia. Um concurso público foi então lançado, como um concurso de projetos. A iniciativa já está sendo copiada pelo governo federal (Ministério do Planejamento/ENAP). Diversos governos, como os de Campinas, Teresina e Espírito Santo buscaram conhecer o modelo do Mobilab, na intenção de replicá-lo.

O concurso de projetos, um edital seguindo a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993 (que instituiu normas para licitações e contratos da administração pública), chamou pessoas físicas e jurídicas de até médio porte a apresentar propostas para projetos desenhados de acordo com a demanda de técnicos da SMT nos termos de referência. Criaram-se, assim, projetos que refletem as demandas internas, não a tecnologia existente no mercado. *Startups* enviaram suas propostas e executam os projetos, para receber os prêmios estipulados, que são no mínimo dez vezes inferiores aos valores cobrados pelas grandes empresas que dominam o mercado. Atualmente, cinco projetos do concurso estão em desenvolvimento.

A segunda vertente fomenta soluções desenvolvidas diretamente para os cidadãos, criadas, desenvolvidas e implementadas por *startups*, sem financiamento do setor público. O papel principal do governo é abrir dados públicos (cuja abertura já é garantida pela Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011, a Lei de Acesso à Informação) e informações, usados para produzir produtos inovadores. Para viabilizar essas soluções, o Mobilab lançou um edital de chamamento para o programa de residência de *startups*. Nove *startups* estão no Mobilab desenvolvendo suas soluções para melhoria da mobilidade urbana. A segunda edição do Programa foi publicada no Diário Oficial do Município em 17 de setembro de 2016.

Além dessas duas ações principais, outras inovações estão sendo desenvolvidas no Mobilab. A seguir, são apresentados detalhes dessas e das demais ações, além de um resumo de suas contribuições no contexto deste trabalho (ver Figura 35).

Figura 35 — Atividades Mobilab por tipo de contribuição.

Iniciativa	Automação e Rastreabilidade	Coleta de Dados	Disseminação de Informações	Parcerias	Digitalização	Uso de IoT
Automação da Fiscalização da CET e SPTrans e da Operação	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Fiscalização das empresas de ônibus no celular	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Fiscalização da CET no celular	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Sistema de vistoria	✓	✓	✗	✗	✓	✗
Automação de entrada e julgamento de multas	✓	✓	✗	✗	✓	✗
Aplicativo para comunicação com o usuário de ônibus	✗	✓	✗	✓	✓	✓
Plataforma de comunicação com as empresas	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Iniciativa Bloomberg de Segurança Viária	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Transporte individual: Taxis e Credenciamento de OTTCs	✓	✗	✗	✗	✓	✗
Programa de Residência de Startups	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Virtualização do cartão do Bilhete Único	✓	✓	✗	✗	✓	✓
Aplicativo para vagas Deficientes e Idosos da Zona Azul.	✓	✗	✓	✓	✓	✓
Painel e mapas da Pesquisa OD de Cargas	✗	✗	✓	✗	✓	✗
Automação da indicação de condutor para o DSV	✓	✓	✗	✗	✓	✗
Áudio guiado por GPS para o Circular Turismo	✗	✗	✓	✓	✓	✓
Programa Harvard-Mobilab Experience	✗	✗	✓	✓	✗	✗
Hackatonas e abertura de dados	✗	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaborado pelo autor.

6.6.1 Automação da fiscalização da CET e SPTrans e da Operação

Com a automação da fiscalização realizadas pela SPTrans e CET, nas palavras de um antigo técnico da SPTrans, coordenador técnico do grupo, "estamos saindo da Idade da Pedra, com uma mudança da água para o vinho, como pular direto da talhadeira para a era virtual".

Os boletins de infração aplicados atualmente pela SPTrans giram em torno de 9 mil ao mês, mas a média mensal em 2013 chegava a 22 mil. Com um sistema manual, cada multa precisa ser digitada no sistema, transportada da regional para a central, depois redigitada, e então impressa em três vias: uma é assinada na central pelo representante da empresa operadora e fica arquivada no processo de multas; outra é

levada para a operadora; e uma terceira é encartada numa pasta na área de recurso de multas, caso seja recursada. Só isso representa mais de 300 mil folhas de papel e 90 mil pastas por ano. Além da morosidade do procedimento, há a demanda excessiva de pessoal para digitar, redigitar, informar operador, gerir recursos de multas e até carregar papel, etc. Principalmente, há uma perda de cerca de 10% por erros de preenchimento. Processo similar ocorria na CET.

Há anos, a SPTrans procura automatizar esse projeto, sem sucesso por conta dos custos envolvidos. O MobiLab, em parceria com a Universidade de São Paulo (USP), desenvolveu um sistema, cujo lançamento seria em 26 de setembro de 2016, que custou a metade do orçamento apresentado pelo mercado para apenas o sistema de segurança. Uma empresa privada fez a previsão de R\$ 1,4 milhão, além de R\$ 400 mil anuais em licenças só para a segurança do sistema. Pelo MobiLab, o sistema inteiro, incluindo o da CET, custou R\$ 700 mil e não requer nenhuma licença. Também estão em desenvolvimento a automação do processo de vistoria dos veículos e todo o trâmite de julgamento dos recursos de infrações do sistema de ônibus, bem como uma plataforma de comunicação rápida e inteligente com as empresas operadoras. A realização se dá com três projetos: dois são contratos resultantes do concurso de projetos e um é desenvolvido por bolsistas de uma parceria com a Escola Politécnica da USP. A seguir, um resumo de seus resultados.

6.6.2 Fiscalização das empresas de ônibus no celular

Até muito recentemente, a fiscalização das empresas de ônibus tem sido realizada de maneira totalmente artesanal, em talonários de papel. Esse projeto transfere toda a operação de fiscalização para um *smartphone*. O projeto foi desenvolvido em parceria com a Escola Politécnica da USP. Esse sistema deve impedir um desperdício da ordem de R\$ 4 milhões por ano com erros de preenchimento e digitação. O aplicativo foi desenvolvido por bolsistas e professores da USP e custou menos de 20% do que custaria no mercado. Além disso, foi desenvolvido em *softwares* livres, o que dispensa o pagamento de licenças. Finalmente, como foi realizado em código aberto, permite que a manutenção seja realizada por qualquer empresa com essa expertise e permite sua replicação gratuita em qualquer cidade interessada em customizar o produto para suas necessidades. Na fase inicial, 150 *smartphones* entram em operação em 26 de setembro de 2016, na SPTrans.

6.6.3 Fiscalização da CET no celular

A fiscalização da CET também está sendo automatizada. A nova forma de fiscalização da CET, antes feita em talonário e em um *hardware* pesado e caro, o Pidion, entrou em operação em 19 de setembro de 2016, com 600 *smartphones*. Paulatinamente, toda a fiscalização da CET migrará para o sistema em *smartphones*, desenvolvido no projeto em parceria com a USP e já homologado pelo Departamento Nacional de Trânsito (Denatran).

6.6.4 Sistema de vistoria de ônibus

Toda a frota de 15 mil ônibus da capital é vistoriada regularmente, no mínimo duas vezes ao ano, além de passar por vistorias de entrada em operação e de saída do sistema após a idade máxima — todas com formulários longos e em papel, totalizando mais de 90 mil folhas por ano. O sistema desenvolvido no Mobilab eliminará os papéis, substituindo-os por formulários eletrônicos amigáveis em aparelhos tipo *tablet*. São vários itens em cada formulário, mas apenas os itens irregulares são preenchidos. Em vez de uma infinidade de perguntas, os formulários são desenhados de forma a facilitar e agilizar as vistorias, otimizando o trabalho das equipes. Todo o resultado das vistorias será enviado a um sistema *backend* que distribui as informações entre as áreas envolvidas, produz relatórios gerenciais e informa as empresas operadoras da situação da sua frota. O sistema pode até lacrar veículos virtualmente.

6.6.5 Automação de entrada e julgamento de multas

Todo o processo de informação às empresas operadoras sobre boletins de infração (BI) emitidos, certificação digital de seu recebimento, entrada de pedidos de recursos, seu julgamento e informação do resultado será automatizado. Eliminar o uso de papel, proporcionando relatórios consolidados, inclusive em mapas com a localização de cada BI, e imprimindo agilidade e transparência ao processo, são algumas das vantagens do sistema automatizado desenvolvido em um contrato do concurso de projetos do Mobilab.

6.6.6 Aplicativo para comunicação com o usuário de ônibus

Quem usa ônibus poderá se comunicar de forma ágil com a SPTrans. Está em desenvolvimento um aplicativo para celular com o qual o usuário poderá dar *feedback* sobre sua experiência no transporte público, a qualquer momento, de dentro do ônibus. O aplicativo facilitará o envio de reclamações, elogios ou sugestões de forma simples, rápida e amigável. O serviço de atendimento ao cidadão pelo *website* da SPTrans também está sendo reformulado pelo projeto resultante do concurso do Mobilab.

6.6.7 Plataforma de comunicação com as empresas

Até o presente momento (outubro de 2016), a comunicação com as empresas operadoras do sistema de ônibus é realizada de maneira absolutamente manual, por intermédio de ofícios, notificações, expedientes, etc. Duas vezes por dia, funcionários das operadoras deslocam-se até a sede da SPTrans para retirar as notificações do dia anterior. Resultados de vistorias, veículos lacrados e solicitações/reclamações de usuários também são informados em papel ou por grandes arquivos em formato PDF enviados por mensagem eletrônica.

No Mobilab, está em desenvolvimento uma plataforma de comunicação entre a SPTrans e as operadoras totalmente baseada na web que permita visualização/impressão de todas as comunicações. As empresas poderão visualizar todas as notificações e encaminhar recurso, quando for o caso, diretamente pela plataforma. As empresas terão acesso ao fluxo de seu recurso na plataforma. As reclamações e pedidos de informação dos usuários também serão enviados pela plataforma, permitindo que o usuário tenha acesso ao fluxo desse pedido, ao longo do tempo de espera de sua resolução.

Desenvolvida no âmbito do concurso de projetos, ao final de setembro de 2016 um protótipo foi colocado em teste com as operadoras. Assim como os demais projetos deste tópico, a plataforma estará implantada, em versão definitiva e testada em dezembro de 2016. Cabe frisar que, em todos os projetos, a segurança das informações é garantida em todas as etapas, com certificações digitais apropriadas, segurança de *logins*, etc.

6.6.8 Iniciativa Bloomberg de Segurança Viária

Como é conhecido, cerca de 1,25 milhões de pessoas morrem no trânsito anualmente. Se nada for feito, esse número pode chegar a 1,9 milhões em 2020. A prefeitura paulistana toma atitudes nesse campo, reduzindo em mais de 20% as mortes no último ano.

Em 2015, a Philanthropies escolheu São Paulo como uma das 10 cidades do mundo a receber seu programa para segurança viária com investimento de 12,5 milhões de dólares em cinco anos. O Mobilab, responsável pela candidatura da cidade é o ponto focal de execução, onde atuam os consultores Bloomberg no desenvolvimento de análises de dados que permitem fazer políticas públicas baseada em evidências e também uma inovação de desenho urbano no projeto piloto que muda a configuração viária com pequenas obras (ou somente tinta) aumentando a segurança dos usuários das vias.

Além do projeto de intervenção em São Miguel Paulista, descrito a seguir, e dos eventos listados ao final, as atividades da Iniciativa Bloomberg para Segurança no Trânsito em parceria com a CET, no período de agosto de 2015 a julho de 2016 foram:

- relatórios de auditoria de segurança viária dos projetos de corredores de ônibus Leste 1 e Bandeirantes (tais relatórios foram complementados por análises de processamento de imagem, para fins de indicações de segurança pelo modelo iRap/GRSF/Banco Mundial);
- análise independente dos sistemas e bases de dados relativos à resultante segurança e relatório com sugestões de avanços e alterações, para aprimoramento e adequação a padrões internacionais de saúde pública;
- realização de eventos e atividades de participação social em São Miguel Paulista para fins de elaboração, revisão e acompanhamento do projeto da Área 40;
- elaboração do projeto de redesenho urbano da Área 40 de São Miguel;
- análise de impacto (em segurança viária, impactos econômicos, sociais e ambientais) da intervenção da área 40 de São Miguel;
- desenho e implantação de avaliações de impacto de medidas tendentes a trazer maior eficiência às políticas de mobilidade segura;

- estudo econométrico do impacto da redução da velocidade implementada em São Paulo desde 2014 (pela metodologia de "diferenças e diferenças");
- eficiência da transição para fiscalização eletrônica de infrações pelos fiscais da SPTrans;
- impacto do treinamento dos fiscais da Guarda Civil Metropolitana (GCM) e da CET em temas básicos e fundamentos técnicos da segurança viária;
- elaboração e impressão de campanha impressa para redução de velocidade;
- relatório e estudo de caso sobre o impacto em segurança viária de vias exclusivas para ônibus;
- elaboração e filmagem de campanha de redução de velocidade, gravação de vídeo para redes sociais; e
- tradução para o português do guia de desenho urbano "Global Street Design Guide".

Dentro dessa política pública, a SMT dará início a um projeto piloto para reduzir acidentes de trânsito através de intervenções urbanas. Essa foi uma estratégia bem sucedida de Nova York. Com o apoio da Bloomberg Philantropies, está sendo proposta uma mudança no desenho urbano, para salvar vidas. Trata-se de um projeto piloto em São Miguel Paulista, um investimento de baixo custo, mas com alto impacto. São intervenções como renovação de calçadas e transformação de praças que hoje em dia estão longe de cumprir funções mínimas de uma praça. Nenhuma cidade da América Latina executou proposta semelhante em uma área contígua de 500 mil metros quadrados, a mais de 20 km de distância do centro da cidade.

Há um braço do MobiLab que procura trazer evidências para dar suporte à tomada de decisão no setor público. Ainda que a tomada de decisão seja realizada necessariamente a partir de estudos, esses não seguem padrões acadêmicos típicos de robustez. Sempre se realizam estudos de viabilidade para grandes projetos que, provada sua viabilidade, são simplesmente executados. A proposta do MobiLab é realizar pequenos projetos pilotos que permitam verificar na prática a viabilidade de um projeto e, mais importante, definir detalhes do projeto que podem alterar substancialmente sua qualidade. Essa é a essência do projeto em São Miguel Paulista.

O financiamento, que incluiu até o projeto básico, é da Bloomberg Philantropies. Foi realizada uma linha de base com três questionários aplicados ao comércio e serviços, aos moradores e aos transeuntes. Além disso, coletaram-se dados de emissão de poluentes, volume de veículos, pedestres e bicicletas. Um ano após a intervenção, nova rodada de questionários e de coletas será realizada, para entender o impacto da intervenção na área. Para que essa análise de impacto seja robusta, foi escolhida uma área de controle com características muito semelhantes, para a qual não há previsão de intervenção nesse período de um ano. Nessa área foram realizados todos os levantamentos realizados em São Miguel Paulista. Essas análises permitem generalizar essa intervenção, caso o resultado seja positivo, aprimorando novas intervenções com o conhecimento acumulado.

6.6.9 Transporte individual: táxis e credenciamento de OTTCs

O Mobilab participa, fornecendo as bases tecnológicas para recepção de dados e fiscalização eletrônica, do novo modelo para o transporte individual lançado pela prefeitura paulistana, que consiste numa proposta única no mundo de regulamentação de empresas operadoras do serviço. Já foram credenciadas, com análise do Mobilab, as Operadoras de Tecnologia de Transporte Credenciadas (OTTC) Cabify, Easy Taxi, Uber, 99 Taxis e ZazCar.

6.6.10 Programa de Residência de Startups

Reúne as nascentes empresas no espaço de *coworking* do MobiLab para desenvolver seus projetos. Adicionalmente, as *startups* têm acesso a um programa de mentoria personalizado, a diversos dados de mobilidade, a apoio técnico, a entrada livre em eventos do Laboratório e, para as *startups* que cumprirem suas metas, a certificado de participação no Programa.

Atualmente (outubro de 2016), o MobiLab abriga oito *startups* residentes na primeira edição do Programa, que vai de julho a outubro deste ano, reunindo soluções ligadas a ciclomobilidade (MubMaps e Woole), transporte público (Scipopulis e OnBoard), logística (Logbee e Kolektiva), transporte individual (Parknet) e mobilidade a pé (Beeline). A segunda edição do programa teve seu edital lançado em 17 de setembro.

Uma grande vantagem para as *startups* é estar dentro de um ambiente onde todos ao seu redor estão trabalhando com inovação em mobilidade. Na interação, podem surgir boas ideias e soluções de problemas. Adicionalmente, o acesso a técnicos, gerentes, superintendentes e até diretores (quando é o caso) da SPTrans e da CET permite que as soluções sejam desenhadas alinhadas com o que a gestão pública pode ofertar. As *startups* mostram às empresas de transporte do município o que necessitam em termos de abertura de dados, modelo de negócios, etc. Uma vez definida, por exemplo, uma nova abertura de dados que fomenta o mercado de inovação fica disponível para toda a sociedade. São serviços de utilidade pública oferecidos muitas vezes gratuitamente para o consumidor final que melhoram a experiência de se movimentar dentro da cidade sem custo para o setor público.

6.6.11 Virtualização do cartão do Bilhete Único

Fruto do Programa de Residência de *Startups* do Mobilab, a virtualização total do cartão do Bilhete Único é a proposta da empresa OnBoard Mobility. Nela, o aparelho celular faz as funções do cartão. O aplicativo ONBOARD substitui o cartão do Bilhete Único. O pagamento da viagem/tarifa é realizado direto na catraca, com um *smartphone*, com a tecnologia NFC. O cadastro do usuário em todos os sistemas de transporte é unificado e a recarga é feita *online* com débito em cartão de crédito, eliminando a compra de bilhetes/tickets/passes. A OnBoard Mobility opera com uma perspectiva de cadastro, compra e abastecimento de créditos *online*.

Para lançamento do aplicativo no mercado, ainda são necessárias a abertura dos protocolos de comunicação e demais informações dos validadores, bem como a disponibilização de um validador e de suas especificações para teste. Para seu pleno funcionamento, é preciso ainda desenvolvimento, por parte da SPTrans, do *software* a ser instalado/executado nos validadores, para habilitar a comunicação via protocolo NFC, e o desenvolvimento conjunto dos requisitos para a comunicação entre o aplicativo da OnBoard e a validadora por parte da responsável, em relação aos tipos de dados, *handshake*, desconto dos créditos, validação, etc.

6.6.12 Aplicativo para vagas de deficientes e idosos na Zona Azul

O aplicativo móvel Parknet permite a idosos e pessoas com deficiência encontrar vagas públicas demarcadas para eles em toda a cidade de São Paulo. Informa a

localização de todas as vagas públicas DeFis e Idoso de São Paulo, possibilitando traçar rotas até a vaga desejada ou ainda fazer denúncias das que estão ocupadas irregularmente (por meio de integração de sistemas, a CET recebe as denúncias realizadas pelo aplicativo e pode enviar sua fiscalização ao local, quando possível). Tudo isso em um ambiente colaborativo, em que as pessoas podem notificar a existência de vagas que ainda não foram mapeadas. Isso é crucial, pois na Zona Azul são aproximadamente 800 vagas DeFis na cidade, e mais de 2.400 de idosos, mas estima-se que o número de vagas privadas para deficientes e idosos seja aproximadamente quatro vezes superior ao de vagas públicas. O aplicativo foi lançado em 6 de setembro de 2016.

6.6.13 Painel e mapas da Pesquisa OD de Cargas

Realização, no âmbito do concurso de projetos, de matriz de origem-destino de veículos de carga e sua análise, a partir de dados da pesquisa amostral de origem e destino de cargas realizada pela CET em 2015. Proporcionará visualização de dados de forma dinâmica em mapas, em uma página web, e a decomposição por áreas definidas pelo usuário.

6.6.14 Automação da indicação de condutor

Desenvolvimento do módulo que permitirá a indicação *online* de condutor do veículo que recebeu auto de infração. O DSV precisa enviar as informações de transferência de pontos para o Detran. Esse envio depende de digitação (processo manual) das informações por equipes do Departamento. Contudo, houve um atraso no envio das informações, porque a demanda teve grande aumento. Assim, há necessidade de automação de parte do procedimento, proporcionando ao cidadão a possibilidade de realizar a indicação de condutor via sistema *online*, reduzindo o trabalho manual do DSV. Futuramente, o Mobilab trabalhará no desenvolvimento de sistema que permitirá entrada de recurso *online*.

6.6.15 Áudio guiado por GPS para o Circular Turismo

Foi realizada no MobiLab a programação de áudio guiado por GPS para a linha especial de ônibus do Circular Turismo. Esta linha é uma iniciativa da Secretaria Municipal de Transportes por meio da São Paulo Transporte (SPTrans), em parceria

com a São Paulo Turismo (SPTuris) e a Companhia de Engenharia de Tráfego (CET). A concessionária responsável por operar o serviço é a Sambaíba. Os passageiros têm à disposição, durante todo o trajeto, sistema de áudio explicativo das atrações turísticas, em três idiomas (português, inglês e espanhol), acionado por meio de sinal de GPS. O aplicativo, para sistema Android, denominado MobiAudio, foi desenvolvido pelo MobiLab e instalado em um *tablet* no painel do motorista. Quando o ônibus se aproxima de um ponto de interesse, o áudio correspondente é acionado no sistema de som do veículo. Respeitando uma das premissas do MobiLab, a que trata de desenvolvimento de códigos, dados e protocolos abertos, o código desse aplicativo encontra-se disponível para ser copiado/adaptado para outras cidades/funcionalidades.

6.6.16 Programa Harvard-Mobilab Experience

O Harvard Experience é um programa contínuo do escritório da Universidade de Harvard no Brasil, o qual, todos os anos, traz estudantes ao país para aprender e interagir com temas relacionados a educação, cidades e saúde pública. O programa consiste em apresentar um problema para ser solucionado por grupos mistos de alunos de Harvard e de universidades brasileiras. Em 2016, o Mobilab hospedou o Programa, que teve foco em tecnologia e mobilidade urbana. Os alunos que fizeram parte da experiência no MobiLab integram cursos de tecnologia, como Ciência da Computação, Engenharia e Matemática. O grupo foi composto por dez graduandos da universidade norte-americana e dez estudantes do Instituto de Matemática e Estatística da USP (IME-USP) e da Fundação Getúlio Vargas, do Rio de Janeiro (FGV-RJ). Os temas dos grupos foram: melhor uso de imagens aéreas para otimizar o planejamento da infraestrutura da mobilidade urbana; utilização aprimorada das informações históricas georreferenciadas nas tendências de transporte público para sugerir melhorias; utilizar os dados existentes dos sistemas de radares para entender padrões de origem e destino dos veículos; e uso das informações de GPS e radares, para planejar proativamente adaptações no planejamento do sistema de transporte em caso de eventos excepcionais.

6.6.17 Hackatonas e abertura de dados

Ações de abertura de dados:

- abertura de dados dos GPS embarcados na frota de 15 mil ônibus da cidade (em setembro de 2013) e oferta de acesso aos desenvolvedores por meio de uma API no *site* da SPTrans (São Paulo é a única cidade da América Latina que oferece acesso ao GPS dinâmico dos ônibus sem burocracia);
- levantamento preliminar apontou que foram criados mais de 50 aplicativos que usam os dados abertos em setembro de 2013 por meio da API com o sinal de GPS dos ônibus em tempo real nos três primeiros meses após a abertura. Os usuários podem assim saber quando o próximo ônibus está chegando ou até mesmo a posição de qualquer ônibus na cidade a qualquer momento;
- o público tem pleno acesso ao sinal de GPS dos ônibus, ao itinerário das linhas, à frota e às paradas (pontos e abrigos. A intenção é abrir todos os dados sem burocracia;
- protocolos abertos: todas as tecnologias criadas no MobiLab são baseadas em padrões de protocolos abertos concebidos e publicados, portanto, passíveis de serem utilizados por qualquer outro governo; e
- foram realizadas duas Hackatonas, eventos para marcar um novo conceito de compartilhamento de dados e estimular uma cultura de abertura dos dados.

Os participantes das duas Hackatonas realizadas no MobiLab foram pré-selecionados pelos projetos apresentados e foi observada grande quantidade de candidatos em ambas as edições. Os três primeiros colocados dos concursos receberam prêmios em dinheiro oferecido pelos patrocinadores, contudo, a qualidade das soluções propostas era tão alta que motivou a ideia de criação de um programa de aceleração para *startups* de mobilidade dentro do MobiLab. O Programa de Residência de *Startups* foi então criado e está caminhando para sua segunda edição. Todos os aplicativos elaborados nas Hackatonas tem seus códigos abertos.

6.6.18 Resultados da iniciativa

Apesar de ser uma iniciativa recente, o Mobilab desfruta de reconhecimento internacional, tendo recebido diversos prêmios.

- **MobiPrize:** em setembro de 2014 o MobiLab foi o grande vencedor do Smart Mobility Enterprize, o MobiPrize, na categoria Cidade Empreendedora. O prêmio reconhece as iniciativas empresariais que ajudam a melhorar a qualidade de vida e a revitalizar o ambiente e a economia de comunidades e regiões por meio do transporte sustentável. O prêmio foi entregue em Detroit (EUA), durante o *ITS World Congress*, em sessão conduzida por Bill Ford, presidente executivo da Ford, e Robert Safian, editor-chefe da revista *Fast Company*.
- *Sustainable Transport Award 2015* (Organizado pelo ITDP): primeiro lugar, juntamente com Rio de Janeiro e Belo Horizonte.
- **WeGO 2014:** finalista.
- **Gobernarte 2014:** finalista.

Os prêmios são um reconhecimento aos esforços da SMT e do Mobilab para a construção de uma cultura de inovação e incentivo ao empreendedorismo em transporte sustentável, através de mudanças de políticas que permitam capacitação e compartilhamento de dados, entre outras ações.

CONCLUSÃO

Quando o administrador tem em mãos informações sobre o uso dos recursos (energia, transporte público, água, ruas, rodovias, prédios públicos, praças, câmeras de segurança e toda a sorte de estruturas), a gestão passa a ser mais direcionada, evitando-se gastos desnecessários e maximizando-se as utilidades que podem ser extraídas das infraestruturas urbanas.

Como se demonstrou, cidades inteligentes, mesmo diante da controvérsia do termo, representam um novo conceito que se endereça a problemas do passado com nova abordagem, concentrado nos benefícios que a inovação apoiada em tecnologias da informação e da comunicação pode trazer para o gestor público e, consequentemente, para a vida em sociedade.

As tendências globais indicam e aqui foi demonstrado, com o exemplo das cidades pesquisadas, que os novos mercados não giram em torno dos automóveis como solução principal, mas em sistemas integrados que permitam acesso aos destinos de forma mais rápida, segura e confortável. O usuário passa a interagir com os recursos por meio das tecnologias disponíveis, usufruindo de serviços de mobilidade virtuais aplicados diretamente ao seu ir e vir cotidiano.

Na modelagem da gestão por meio de processos de negócios, aqui aplicada, as empresas trabalham em parceria com governos, para oferecer soluções multimodais integradas e desenhadas para atender às demandas específicas de mobilidade ou outros serviços de determinada cidade ou região. Para desenvolver esse modelo por processos de negócios, setores tradicionalmente não relacionados criam parcerias e potencializam suas capacidades, como o setor de transporte urbano e o de tecnologia da informação, por exemplo.

A criação e automação do Centro Integrado de Mobilidade Urbana (CIMU) com o uso de um modelo de gestão por processo de negócio é importante instrumento de planejamento para gestão das grandes e médias cidades, seja no Brasil, seja na América Latina e noutros continentes.

Esse Centro permite o monitoramento estratégico da mobilidade na cidade e pode atuar sobre as ocorrências cotidianas ligadas a segurança, prevenção de incidentes,

apoio às ações da saúde e assim por diante. É, sem dúvida, um meio eficaz para superar o trabalho de governo que em geral age setorialmente e não de maneira integrada.

No capítulo "Aplicação em Mobilidade Urbana", foram apresentados diversos casos nos quais foram efetivados desenvolvimentos no sentido de integração e uso integrado de informação, mas ainda há trabalho para que efetivamente esteja em pleno funcionamento um centro integrado de gestão no Brasil. Há necessidade de grande investimento financeiro e em infraestrutura, o que é atualmente dificultado pelas crises financeiras. Mas esse projeto, conforme discutido, precisa ser meta de qualquer que seja o dirigente público na gestão de uma cidade. Levando-se em conta o desenvolvimento de processos para o acesso rápido e ágil às informações, com equipes e recursos devidamente instrumentalizados por aplicativos móveis em um sistema integrado, o resultado será a melhoria palpável para os milhões de usuários diretos da cidade.

A inovação é uma ferramenta estratégica para responder aos desafios globais de infraestrutura — por isso a necessidade constante de melhoria em sistemas e criação de valores. A instalação e a automação dos centros integrados de mobilidade urbana e sua gestão por modelagem de processos representa um ganho extraordinário para as cidades. Como primeiro projeto no Brasil nesse formato, a cidade de São Paulo pode integrar um conjunto de áreas, a começar pela mobilidade.

No Brasil, já existem centros de controle, mas nenhum integrado e com gestão ativa dos setores da sociedade. Os Centros Integrados de Comando e Controle, constituídos à época da Copa do Mundo de Futebol e das Olimpíadas do Rio, são especializados em segurança pública e não usam protocolos e padrões abertos. Também em nenhum caso há um sistema integrador que automatize a conexão entre os diversos atores e processos de gestão, como se defende nesta tese.

É necessário que os processos e negócios sejam desenhados e monitorados com o uso de novas métricas que possibilitem a avaliação do desempenho, com serviços efetivamente integrados, ofertando segurança, conforto e acessibilidade.

Tendo como exemplo a história da internet, pode-se visualizar exatamente isso. Quando a *world wide web* nasceu, não disponibilizava aplicativos inteligentes, apenas

permitia comunicação interpessoal, por texto e de forma instantânea, e acesso a algumas informações fixas, independentemente das barreiras geográficas ou da disponibilidade de fontes de informação locais, como disponibilidade de livros em bibliotecas ou de escolas e cursos.

Com o decorrer dos anos, a troca de informações começou a aumentar. Apoiada na comunicação instantânea e na publicação de protocolos e padrões abertos, a troca de conhecimentos também foi facilitada. Começaram a surgir os primeiros sistemas inteligentes, que hoje são as bases para os sistemas altamente integrados, dos quais foi demonstrado um dos modelos e o uso possível para sua massificação.

A política de expansão da infraestrutura física encontra-se, de certa maneira, muito limitada. Uma expansão apenas com enfoque em estruturas físicas exige elevados custos sociais e financeiros, que não se compatibilizam com a política nacional de mobilidade urbana.

O aumento das vias não é sustentável para as cidades — seja do ponto de vista social, seja do ponto de vista ambiental. Cada vez mais, a cidade vai se adensando e tornando praticamente impossível a abertura de novas ruas, avenidas e outros elementos da infraestrutura. Dada a densidade urbana, novas obras de transporte não são facilmente compatibilizadas com as políticas de habitação, saneamento básico, planejamento e gestão do uso do solo — igualmente importantes para o desenvolvimento das cidades.

Por fim, a expansão da estrutura física não mitiga, mas intensifica custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas e cargas na cidade. Hoje, mesmo quando a ampliação de infraestruturas é necessária, os projetos são baseados não só em grandes obras de engenharia e, considerando as cidades mais avançadas nessa área, levam sempre conta a estruturação das informações e dados que serão legados para os conglomerados urbanos.

Nessas condições, a conclusão é que as tecnologias podem incrementar a mobilidade urbana de forma mais intensa e menos custosa que as estruturas físicas. Isso porque não cumprem apenas a função de aumentar a capacidade de transporte, mas também proporcionam inúmeras outras funcionalidades e beneficiam outras dimensões, como, por exemplo, a segurança do passageiro.

Do lado tecnológico, a proposição tradicional de sistemas fechados que atendem a um único objetivo não alcança mais as demandas dos gestores, principalmente nas grandes e médias cidades. Portanto, o desafio da gestão urbana atual é potencializar a geração de conhecimento, a começar pela unificação dessa massa de dados e informações que ainda se encontra muito dispersa.

Como esta tese procura mostrar, há grande riqueza de informações em mecanismos de coleta externos aos órgãos de gestão pública em geral. Na área de mobilidade, já existem parcerias com aplicativos que fornecem dados muito mais completos sobre trânsito, origem e destino, uso de transporte público e demanda de estacionamentos urbanos — e essa lista tende a aumentar cada vez mais.

Neste trabalho, foi proposto um modelo de gestão por intermédio de processos para aumentar a permeabilidade da gestão de mobilidade urbana a essas inovações. Também se analisaram casos recentes em que houve ou há potencial de ganhos relacionados ao uso de informação. Na cidade de São Paulo, o uso de métricas e sensores aplicados para a redução de velocidade nas marginais dos rios Tietê e Pinheiros está relacionada à diminuição no número de mortes e acidentes fatais nessas vias. A introdução de uma rede de ônibus com operação controlada que funciona durante toda a noite levou ao atendimento de maior parcela da população, assim como a um ganho de conhecimento, com dados operados em tempo real pelo Centro de Controle. O sistema digitalizado de pagamento de estacionamentos propicia maior comodidade ao usuário e faz com que uma parte significativa do capital utilizado para o pagamento dessas tarifas esteja disponível com antecedência para os órgãos responsáveis, além de fornecer informações acessíveis sobre a dinâmica de uso desses espaços. A regulamentação da exploração do uso do viário urbano — como de carona compartilhada, dentre outros serviços — está sendo apontada como solução inovadora para integrar novas iniciativas aos táxis e serviços de transporte já regulamentados, permitindo um controle mais eficiente de demanda e abrindo espaço para parcerias de compartilhamento de dados. Com o controle de tráfego e dados, mediante a modernização do sistema semaforico, pode-se utilizar essas informações coletadas para o desenvolvimento de algoritmos que levem em conta diversas entradas para otimizar de forma dinâmica os tempos de abertura e fechamento dos equipamentos.

O foco no uso de parcerias, central nos processos propostos, pode levar a melhorias ainda mais significativas: o impacto de medidas de redução de velocidade poderia ser mais bem avaliado por meio de dados históricos de navegadores baseados em GPS com a comparação dos tempos de viagem, uso de vias locais e volumes de congestionamento antes e depois da implementação; a operação dos modais de transporte público poderia introduzir informações baseadas em aplicativos de navegação, utilizando o transporte público (como descrito na avaliação do aplicativo Moovit) para se conhecer melhor as características dos viajantes, os tempos de espera e deslocamento entre os pontos de embarque e desembarque; e as informações recebidas através dos aplicativos de estacionamento poderiam informar empresários interessados em trabalhar com a demanda por vagas na cidade.

O desenvolvimento de aplicativos de mobilidade relacionados a identificação de rota e horário dos ônibus, aluguéis de carros, uso de bicicletas e compartilhamento de veículos, entre outros, deve acontecer de forma acelerada nos próximos anos. Como demonstrado nesta tese, é essencial a agilidade na criação de parcerias, para aproveitar essas iniciativas e ter um espaço físico como o CIMU, com um modelo de gestão adequado e eficiente.

Um dos potenciais que devem ser destacados nesses processos é o de aproximação com os cidadãos, especialmente os usuários das ferramentas disponibilizadas. O exemplo de Washington sobre o tratamento de reparos nas vias — lembrando que os cidadãos dispõem de uma plataforma *online* que presta contas do desenvolvimento da solução — deve servir de inspiração para prestação de serviços. Esse desenvolvimento, no entanto, depende de uma plataforma integrada, capaz de relacionar informações sobre os serviços a serem realizados, cedidas pelos cidadãos, com os responsáveis em dar seguimento e definição à requisição, possibilitando até o *feedback* com índice de satisfação com o atendimento ou serviço. Nesse contexto, incentiva-se a população a trabalhar com a gestão pública, levando a melhorias nos tempos de resposta, implantação de novas ideias e aumento da transparência nos serviços.

Essa aproximação pode levar ainda a uma participação mais direta da população no setor de mobilidade, permitindo comunicação de duas vias sob a forma de requisições e atendimentos, pesquisas voluntárias, consultas públicas e troca de informações

através de aplicativos parceiros. Acidentes, por exemplo, podem ser reportados prontamente em aplicativos de navegação, antecipando a atuação de socorristas e outros serviços de atendimento. Esse acompanhamento mais próximo pode levar ao aumento da pressão externa por resultados, graças ao aumento de transparência e participação popular.

Por fim, apresentam-se, a seguir, sugestões para aprimorar trabalhos futuros com relação ao tema de aplicação de informações e dados de forma integrada para a solução de problemas de mobilidade urbana.

- Utilização em um Centro Integrado e refinamento dos processos, por meio da implantação direta.
- Desenvolvimento em profundidade dos indicadores mais relevantes para a mobilidade urbana.
- Desenvolvimento e aprimoramento de outros processos da área de TI.
- Desenvolvimento mais detalhado dos tratamentos de dados mais relacionados à área de TI em cooperação com a gestão (definição de filtros e métricas, desenvolvimento de aplicativos, automação de relatórios, etc.).

Essas pesquisas podem ajudar na resposta a questões relevantes para o processo de implantação e para o funcionamento dos centros integrados, permitindo aos gestores a melhor utilização de seu potencial, aproveitando mais eficientemente informações de diversas fontes e promovendo a inovação tecnológica.

REFERÊNCIAS

AMARAL, B. Huawei lança sistema operacional para IoT. **TELETIME**, São Paulo, 20 maio 2015. Disponível em: <http://www.teletime.com.br/20/05/2015/huawei-lanca-sistema-operacional-para-iot/tt/412164/news.aspx?__akacao=2404217&__akcnt=1c43b2b0&__akvkey=d1cb&utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=TELETIME+News+-+20%2F05%2F2015+20%3A52>. Acesso em: 22 maio 2015.

AOUN, C. (Ed.). **URBAN MOBILITY IN THE SMART CITY AGE**. London: ARUP; The Climate Group; Schneider Electric, s/d. (Smart Cities cornerstone series). Disponível em: <http://www.arup.com/~media/Publications/Files/Publications/S/FINAL_Schneider_Smart%20Mobility.ashx>. Acesso em: 11 jul. 2015.

APLICATIVO PARA ÔNIBUS na madrugada de São Paulo é projeto articulado pela Unisol Brasil. **Unisol Brasil**, fev. 2015. Disponível em: <<http://www.unisolbrasil.org.br/aplicativo-para-onibus-na-madrugada-de-sao-paulo-e-projeto-articulado-da-unisol-brasil/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

APÓS EXTINTOR, INSTALAÇÃO de chip em veículos é adiada pela 2ª vez. **Auto Esporte**, Rio de Janeiro, G1, 18 jun. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/carros/noticia/2015/06/apos-extintor-instalacao-de-chip-em-veiculos-e-adiada-pela-2-vez.html>>. Acesso em: 17 out. 2016.

ARCHAK, N.; GHOSE, A.; IPEROIGS, P. G. Deriving the Pricing Power of Product Features by Mining Consumer Reviews. **Management Science**, Catonsville, MD, Institute for Operations Research and the Management Sciences, Vol. 57, No. 8., p. 1.485-1.509, 2011.

ARMBRUST, M. et al. A View of Cloud Computing. **Communications of the ACM**, New York, The Association for Computer Machinery, Vol. 53, No. 4, p. 50-58, Apr. 2010.

BAANDERS, A.; CANOY, M. Ten years of taxi deregulation in the Netherlands — The case for re-regulation and decentralisation. In: EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE 2010, Oct. 11, 2010, Glasgow, UK. **Proceedings...** Henley-in-Arden: Association for European Transport, 2010. Disponível em: <<http://abstracts.aetransport.org/paper/index/id/3411/confid/16>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

BACCARINI, D. The concept of project complexity — a review. **International Journal of Project Management**, Amsterdam, Elsevier, Vol. 14, No. 4, p. 201-204, 1996.

BAJARIN, T. The Next Big Thing for Tech: The Internet of Everything. **Time**, New York, Jan. 13, 2014. Disponível em: <<http://time.com/539/the-next-big-thing-for-tech-the-internet-of-everything/>>. Acesso em: 23 maio 2015.

BERRONE, P. et al. **IESE Cities in Motion: Index 2014**. Barcelona; Madrid; New York: IESE Business School – University of Navarra; Center for Globalization and Strategy, 2014.

BLUMENFELD, M. A lógica das Marginais: por que reduzir o limite de velocidade não prejudica e sim beneficia os motoristas de São Paulo. **TheCityFix Brasil**, Porto Alegre, WRI Brasil Cidades Sustentáveis, 30 jul. 2015. Disponível em: <<http://thecityfixbrasil.com/2015/07/30/a-logica-das-marginais-por-que-reduzir-o-limite-de-velocidade-nao-prejudica-e-sim-beneficia-os-motoristas-de-sao-paulo/>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

BOJAN, T.; KUMAR, U.; BOJAN, V. An internet of things based intelligent transportation system. **IEEE Xplore Digital Library**. New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Dec., 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7063743>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

BOSTON CITYSCORE. Disponível em: <<https://www.boston.gov/cityscore>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado, 1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>. Acesso em: 11 jul. 2015.

_____. **Lei nº 12.527, de 18 de novembro de 2011**. Regula o acesso a informações. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/l12527.htm>. Acesso em: 25 jun. 2016.

_____. **Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 18 fev. 2016.

_____. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Institui normas para licitações e contratos da Administração Pública. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm>. Acesso em: 12 jul. 2015.

CAMARGO-VEGA, J. J.; CAMARGO-ORTEGA, J. F.; JOYANES-AGUILAR, L. Conociendo Big Data. **Revista Facultad de Ingeniería**, Tunja (Colômbia), Centro de Estudios de la Facultad de Ingeniería, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, v. 24, n. 38, p. 63-77, jan.-abr. 2015.

CARDULO, M. Genesis of the Versatile RFID Tag. **RFID Journal**, Hauppauge, NY, RFID JOURNAL LLC, 2003. Disponível em: <<http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?392>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

CET (Companhia da Engenharia de Tráfego). **Acidentes de Trânsito Fatais**. Relatório Anual. São Paulo: CET, 2015a.

_____**Redução de velocidade.** Marginais Tietê e Pinheiros. São Paulo: CET, jul. 2015b. Disponível em:
<<http://www.cetsp.com.br/media/412421/18reducaoodevelocidadenasmarginais.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

_____**Redução de velocidade nas Marginais.** São Paulo: CET, jul. 2015c. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/seguranca-e-mobilidade/reducao-de-velocidade-nas-marginais.aspx>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

_____**Sinalização Semafórica:** audiência pública. São Paulo: CET, abril 2013. Disponível em:
<<http://www.cetsp.com.br/media/209128/reestruturacao semaforica.pdf>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

CHAKRABARTI, S. et al. Data mining curriculum: a proposal. Version 1.0. **KDD**, New York, The Association for Computer Machinery's Special Interest Group on Knowledge Discovery and Data Mining, Apr. 30, 2006. Disponível em:
<http://www.kdd.org/exploration_files/CURMay06.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2016.

CHEN, L.; MISLOVE, A.; WILSON, C. Peeking Beneath the Hood of Uber. In: ACM CONFERENCE ON INTERNET MEASUREMENT CONFERENCE (IMC), Oct., 2015. **Proceedings...** New York: Association for Computer Machinery, 2015. p. 495-508.

CHEN, S. et al. A Vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China perspective. **IEEE Internet of Things Journal**, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Vol. 1, No. 4, p. 349-359, Aug. 2014.

CITY CLIMATE LEADERSHIP Awards. Singapore, C40 Cities, 2013. Disponível em:
<<http://www.c40.org/2013-close-up/singapore-closeup.pdf>>. Acesso em: 7 maio 2016.

COSTA, C. A. Cidades inteligentes e Big Data. **Cadernos FGV Projetos**, Rio de Janeiro, FGV Projetos, ano 9, n. 24, p. 66-75, jun.-jul. 2014 (Cidades inteligentes e mobilidade urbana).

COSTA, M. S.; SILVA, A. N. R. Curitiba, São Paulo ou Brasília: qual o caminho para a mobilidade urbana sustentável? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE TRANSPORTE E TRÂNSITO, 19, Brasília, 8-10 out. 2013. **Anais...** São Paulo: Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP), 2013. Disponível em:
<http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/10/06/FF1BE554-B086-4024-9BD1-235262CE4D2C.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2015.

CUBIC (ITMS) WINS Key London Traffic Signals Maintenance Contract. San Diego, CA, Cubic Corporation, Jul. 31, 2013. Disponível em:
<<https://www.cubic.com/News/Press-Releases/ID/1069/Cubic-ITMS-Wins-Key-London-Traffic-Signals-Maintenance-Contract>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

DAMERI, R. P. Searching for Smart City definition: a comprehensive proposal. **International Journal of Computers & Technology**, Vol. 11, No. 5, p. 2.544-2.551, 2013. Disponível em: <<https://cirworld.com/index.php/ijct/article/view/3883>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

DARIDO, G.; ALVES, B. B.; TARGA, F. **Sao Paulo's Innovative Proposal to Regulate Shared Mobility by Pricing Vehicle Use**. Washington, DC: The World Bank, Jan. 26, 2016. Disponível em: <<http://blogs.worldbank.org/transport/sao-paulo-s-innovative-proposal-regulate-shared-mobility-pricing-vehicle-use>>. Acesso em: 7 maio 2016.

DARIDO, G. B.; PENA, I. G. B. Planejamento em sistemas de transportes inteligentes, perspectivas das experiências internacionais. In: PINTO, V. P. (Coord.). **Sistemas inteligentes de transportes**. São Paulo: Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP); The World Bank, maio 2012 (Série Cadernos Técnicos, 8). p. 10-48.

DASSEN, T.; HAJER, M. **Smart about Cities**: Visualizing the challenge for 21st century urbanism. Rotterdam, NL: Nai010, 2014.

DAVENPORT, T. A. Process management for knowledge work. In: VOM BROCKE, J.; ROSEMAN, M. **Handbook on Business Process Management 1**: Introduction, methods, and information systems. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 17-35.

DETRAN (Departamento Estadual de Trânsito de São Paulo). Frota de veículos em SP — por tipo de veículo. **Estatísticas de trânsito**. São Paulo: Detran, 2015. Disponível em: <<http://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/90c8dd47-e985-40e9-8676-dfd1414c932a/Frota+de+Ve%C3%ADculos+em+SP+-+2015.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=ROOTWORKSPACE-90c8dd47-e985-40e9-8676-dfd1414c932a-ltjPnvq>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

DETRANS E ANTT DEBATEM implantação do SINIAV. **Radar Nacional**, 10 mar. 2016. Disponível em: <<http://www.radarnacional.com.br/detrans-e-antt-debatem-implantacao-do-siniav/2/>>. Acesso em: 4 jul. 2016.

DIAS, E. M.; ESTE, W. Sistema Inteligente de Estacionamento Público Integrado — SIEPI. **Journal of Progressive Research in Mathematics**, Manteca, USA, Scitech Research Organisation, Vol. 7, No. 4, p. 1.173-1.182, 2016.

DUNN-CAVELTY, M.; SUTER, M. Public-Private Partnerships are no Silver Bullet: An expanded governance model for Critical Infrastructure Protection. **International Journal of Critical Infrastructure Protection**, Amsterdam, NL, Elsevier, Vol. 2, Iss. 4, p. 179-187, 2009.

EDWARDS, J. The Future is Now for Smart Cities. **RFID Journal**, Hauppauge, NY, RFID JOURNAL LLC, Nov. 11, 2013. Disponível em: <<https://www.rfidjournal.com/purchase-access?type=Article&id=11169&r=%2Farticles%2Fview%3F11169>>. Acesso em: 12 jul. 2015.

EIU (Economist Intelligence Unit). **Evaluating the environment for public-private partnerships in Latin America and the Caribbean: The 2014 Infrascopes**. New York, NY: EIU, 2014.

ESTACHE, A.; SAUSSIER, S. **Public Private Partnerships and Efficiency: A short assessment**. Rouen: Institut d'Administration des Entreprises, Chaire Economie des Partenariats Public-Privé, Juillet 2014 (Discussion Papers No. 2014-06).

ESTEVES, L. A. **Rivalidade após entrada: o impacto imediato do aplicativo uber sobre as corridas de taxi porta-a-porta**. Brasília, DF: Conselho Administrativo de Defesa Econômica (Cade), 2015. Disponível em: <<http://www.cade.gov.br/noticias/rivalidade-apos-entrada-o-impacto-imediato-do-aplicativo-uber-sobre-as-corridas-de-taxi.pdf>>. Acesso em: 7 maio 2016.

EUNOIA CONSORTIUM. **Urban Models for Transportation and Spatial Planning: State-of-Art and Future Challenges**. Oct., 2012. Disponível em: <http://www.nommon-files.es/working_papers/EUNOIA_PositionPaper_Oct2012.pdf>. Acesso em: 6 out. 2015.

EUROPEAN COMMISSION. **Intelligent Transport Systems: EU-funded research for efficient, clean and safe road transport**. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010.

FACCHINI, E.; DIAS, E. The importance of development processes and control methods for urban bus services. **International Journal of Transportation Systems**, Nicosia, Cyprus, International Association of Research and Science, Vol. 1, p. 14-20, 2016.

FALCOCCHIO, J. C.; LEVINSON, H. S. Historical Perspectives of Urban Traffic Congestion. In: FALCOCCHIO, J. C.; LEVINSON, H. S. **Road Traffic Congestion: A Concise Guide**. Cham, ZG, Switzerland: Springer International Publishing, 2015 (Springer Tracts on Transportation and Traffic, 7). p. 19-31.

FAYYAD, U.; PIATETSKY-SHAPIO, G.; SMYTH, P. From data mining to knowledge discovery in databases. **AI Magazine**, Palo Alto, CA, Association for the Advancement of Artificial Intelligence, Vol. 17, No. 3, p. 37-54, 1996.

FGV (FUNDAÇÃO GETULIO VARGAS). Centro de Estudos de Política e Economia do Setor Público. **Compartilhamento e uso intensivo do viário urbano**. Relatório de acompanhamento do seminário realizado em conjunto com a Câmara Municipal de São Paulo. São Paulo: FGV, 2015.

FIGUEIREDO, A. E. et al. ITS to monitor small vessels movements within port area: A study at Santos estuary. In: MASTORAKIS, N. et al. (Eds.). **Latest Trends on Systems**. Proceedings of the 18th International Conference on Systems (part of CSCC'14), July 17-21, 2014, Santorini Island, Greece. Vol. II. Montclair, NJ: Institute for Natural Sciences and Engineering, 2014. p. 692-695. Disponível em: <<http://www.europment.org/library/2014/santorini/bypaper/SYSTEMS/SYSTEMS2-57.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

FINGUERUT, S.; FERNANDES, J. M. Planejando as cidades no século XXI. **Cadernos FGV Projetos**, Rio de Janeiro, FGV Projetos, ano 9, n. 24, p. 31-38, jun.-jul. 2014.

FRANGIONE, B. Redução de velocidade em são paulo completa um ano: veja o que mudou. **Autoesporte** [online], Rio de Janeiro, Editora Globo, 12 jul. 2016. Disponível em: <<http://revistaautoesporte.globo.com/Noticias/noticia/2016/07/reducao-de-velocidade-em-sao-paulo-completa-um-ano-veja-o-que-mudou.html>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

GARTNER SAYS ENTERPRISE Architecture Can Deliver Business Value from the IoT. **Gartner**, Egham, UK, April 16, 2015. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3030819>>. Acesso em: 23 maio 2015.

GARTNER'S 2015 HYPE Cycle for Emerging Technologies Identifies the Computing Innovations That Organizations Should Monitor. **Gartner**, Stamford, Conn., Aug. 18, 2015. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3114217>>. Acesso em 5 dez. 2015.

GEORGE, G.; HAAS, M. R.; PENTLAND, A. Big Data and Management. **Academy of Management Journal**, Vol. 57, No. 2, p. 321-326, Apr. 1, 2014.

GONÇALO, J.; DIAS, E. Apps influence on urban mobility — improving intelligent cities. **International Journal of Transportation Systems**, Nicosia, Cyprus, International Association of Research and Science, Vol. 1, p. 21-27, 2016.

HALL, D. **Public-Private Partnerships (PPPs)**. Summary paper. London: Public Services International Research Unit (PSIRU), University of Greenwich, 2008.

HALSEY, A. Report: Number of registered vehicles in D.C. area increases. **The Washington Post** [online], Washington, DC, Nov. 15, 2011. Disponível em: <https://www.washingtonpost.com/local/commuting/report-number-of-registered-vehicles-in-dc-area-increases/2011/11/15/gIQAC94fPN_story.html>. Acesso em: 11 nov. 2015.

HAMMER, M. What is Business Process Management. In: VOM BROCKE, J.; ROSEMAN, M. **Handbook on Business Process Management 1: Introduction, methods, and information systems**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 3-16.

HANCKE, G.; SILVA, B.; HANCKE JR., G. The Role of Advanced Sensing in Smart Cities. **Sensors**, Basel, MDPI AG, Vol. 13, No. 1, p. 393-425, Dec. 27, 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/13/1/393>>. Acesso em: 12 jul, 2015.

HARMON, P. The Scope and Evolution of Business Process Modeling. In: VOM BROCKE, J.; ROSEMAN, M. **Handbook on Business Process Management 1: Introduction, methods, and information systems**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 37-81.

HICKMAN, Robin; BANISTER, David. Transport and City Competitiveness. In: EUROPEAN TRANSPORT CONFERENCE 2003, Strasbourg, France, Oct. 8, 2003. **Proceedings...** Henley-in-Arden: Association for European Transport, 2003. Disponível em: <<http://abstracts.aetransport.org/paper/index/id/1675/confid/9>>. Acesso em: 11 jun. 2015.

IBGE (Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da Federação com data de referência em 1º de julho de 2014**. Brasília: IBGE, 2014. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2014/estimativa_dou_2014.pdf>. Acesso em: 28 set. 2015.

IBM INVESTIRÁ US\$ 3 BILHÕES em unidade de "Internet das Coisas". **MOBILE TIME**, São Paulo, Converge Comunicações, 31 mar. 2015. Disponível em: <http://www.mobiletime.com.br/31/03/2015/ibm-investira-us-3-bilhoes-em-unidade-de-internet-das-coisas-/408031/news.aspx?__akacao=2334029&__akcnt=1c43b2b0&__akvkey=3141&utm_source=akna&utm_medium=email&utm_campaign=MOBILE+TIME+News++31%2F03%2F2015+22%3A32>. Acesso em: 2 abr. 2015.

JAFFE, E. São Paulo Offers the Best Plan Yet for Dealing With Uber. **CITYLAB**, Washington, DC, Atlantic Media Group, Jan. 28, 2016. Disponível em: <<http://www.citylab.com/cityfixer/2016/01/sao-paulo-uber-traffic-congestion-mileage-fee/433764/>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

Jl, Z. et al. A cloud-based intelligent car parking services for smart cities. **IEEE Xplore Digital Library**. New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Aug. 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6929280>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

JIN, J. et al. An Information Framework for Creating a Smarty City Through Internet of Things. **IEEE Internet of Things Journal**, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Vol. 1, No. 2, p. 112-121, Apr. 2014.

JUNQUEIRA, P. Por dentro do Centro de Operações da Prefeitura do Rio de Janeiro. **Cadernos FGV Projetos**, São Paulo, FGV Projetos, ano 9, n. 24, p. 124-139, jun.-jul. 2014.

JUSTO, J. F. F.; PIQUEIRA, J. R. C. Engenharia das catástrofes: entre o determinístico e o imponderável. **Estudos Avançados**, São Paulo, Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, v. 27, n. 77, p. 181-184, 2013.

KEY TRANSPORT STATISTICS of World Cities. **Journeys: Sharing Urban Transport Solutions**, Singapore, Land Transport Authority Academy, Iss. 9, p. 68-70, November 2012.

KÖLINGER, C. The State of the Art of Sustainable Urban Mobility Plans in Europe. **CityMobilNet**, Urbact, 2016. Disponível em: <http://urbact.eu/sites/default/files/citymobilnet_state_of_the_art.pdf>. Acesso em: 7 maio 2016.

LE GALÈS, Patrick. **European Cities: Social conflicts and governance**. Don Mills, ON: Oxford University Press Canada, 2002.

LOPES, M. S. G. et al. O que os empreendedores buscam e os investidores esperam no financiamento do capital de risco em empreendimentos de base tecnológica. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO DA TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO (CONTECSI), 3, São Paulo, 2006. **Anais...** São Paulo: TECSI/FEA/USP, 2006. CD-ROM.

LUVISI, A.; LORENZINI, G. RFID-plants in the smart city: Applications and outlook for urban green management. **Urban Forestry & Urban Greening**, Amsterdam, NL, Elsevier, Vol. 13, No. 4, p. 630-637, 2014.

MAIA, A. C. L. **Avaliação da qualidade do transporte público sob a ótica da mobilidade urbana sustentável — o caso de Fortaleza**. 2013. 131p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) — Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2013.

MALLON, L. G. **Smart and Secure e-Corridor Stakeholder Evaluation — the Savannah Workshop Report**. Long Beach, CA: California State University, Long Beach Foundation, Dec. 2009 (Strategic Mobility 21). Disponível em: <<http://www.worldcat.org/wcpa/oclc/713272854?page=frame&url=http%3A%2F%2Fhandle.dtic.mil%2F100.2%2FADA526511%26checksum%3D4aac1c8999cafae50f2b9084984fd269&title=&linktype=digitalObject&detail=>>>. Acesso em: 11 jul. 2015.

MARR, B. How Big Data and the Internet of Things create smarter cities. **Forbes**, Jersey City, NJ, Forbes Media, May 19, 2015. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/05/19/how-big-data-and-the-internet-of-things-create-smarter-cities/#1fd9ecd263d8>>. Acesso em: 20 set. 2015.

MCKENNA, B. Smart cities and the IoT — not just a load of rubbish. **Computer Weekly**, Newton, MA, TechTarget, Sep. 4, 2015. Disponível em: <<http://www.computerweekly.com/blogs/Data-Matters/2015/09/smart-cities-and-the-iot---not-just-a-load-of-rubbish.html>>. Acesso em 4 dez. 2015.

MCLEOD, K. **Where We Ride: Analysis of bicycle commuting in American cities**. Washington, DC: League of American Bicyclists, 2014.

MEASURING CONGESTION WORLDWIDE. **Tomtom Traffic Index**, Amsterdam, TomTom International, 2015. Disponível em: <https://www.tomtom.com/en_us/trafficindex/list>. Acesso em: 11 jul. 2016.

MELO, V. A. Z. C. M.. **Sistema Autenticador e Transmissor (SAT):** modelo tecnológico de automação e controle de processos em cidades inteligentes com exemplo de aplicação ao setor tributário. 2015. 207p. Tese (Doutorado em Sistemas de Potência) — Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

MOORE, B.; LARKINS, K. Traffic control open systems: a working national system. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ROAD TRANSPORT INFORMATION AND CONTROL, 9, Apr. 21-23, 1998, London. **Ninth International Conference on Road Transport Information and Control**. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 1998. p. 119-124.

MOTA, A. Câmeras auxiliarão agentes a fiscalizar o trânsito e aplicar multas. **Correio**, Salvador, 1º out. 2015. Disponível em: <<http://www.correio24horas.com.br/detalhe/salvador/noticia/cameras-auxiliarao-agentes-a-fiscalizar-o-transito-e-aplicar-multas/?cHash=32b822b1ca1386c2977901d90bf311f8>>. Acesso em: 17 set. 2016.

MOTTA, G. et al. Mobility Service Systems: Guidelines for a possible paradigm and a case study. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERVICE OPERATIONS AND LOGISTICS, AND INFORMATICS (SOLI), Oct. 8-10, 2014, Qingdao, China. **IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics**. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2014. p. 48-53. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6960692>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

PAGE, M. A Holistic Approach to Combining Internal and External Data. **Data Informed**, Dedham, MA, Wellesley Information Services, Oct. 7, 2015. Disponível em: <<http://data-informed.com/a-holistic-approach-to-combining-internal-and-external-data/>>. Acesso em: 28 jun. 2016.

PAUL, J.; MALHOTRA, B. RFID based vehicular networks for smart cities. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON DATA ENGINEERING WORKSHOPS (ICDEW), 29, 8-12 Apr., 2013, Brisbane. **ICDE 2013**. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2013. p. 120-127.

PERAKOVIC, D.; HUSNJAK, S.; CVITIC, I. IoT infrastructure as a basis for new information services in the ITS environment. In: TELECOMMUNICATIONS FORUM (TELFOR), 22, Belgrade, Serbia, Nov. 25-27, 2014. **Proceedings of Papers**. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2014. p. 39-42. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7034352>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

PIETRANTONIO, H.; BONETTI, W. **Semáforos atuados pelo tráfego: utilização, parametrização, monitoração e análise de desempenho**. Relatório de trabalho nº 5/03. São Paulo: Laboratório de Estudos Metodológicos em Tráfego e Transportes, Departamento de Engenharia de Transportes da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, set. 2003 (revisão 3, dez. 2007).

PINHEIRO, J. M. S. Gerenciamento de redes de computadores: uma breve introdução. **Projetos de Redes**, 3 jul. 2006. Disponível em: <http://www.projetoderedes.com.br/artigos/artigo_gerenciamento_de_redes_de_computadores.php>. Acesso em: 28 ago. 2015.

PINHO, M. Redução de velocidade vai liberar 60 leitos por dia, estima Prefeitura de SP. **G1**, Rio de Janeiro, Grupo Globo, 29 out. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/10/reducao-de-velocidade-vai-liberar-60-leitos-por-dia-estima-prefeitura-de-sp.html>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

PIRO, G. et al. Information centric services in Smart Cities. **Journal of Systems and Software**, Amsterdam, NL, Elsevier, Vol. 88, p. 169-188, 2014.

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS particulares del contrato para los trabajos de gestión y conservación de los sistemas de control de la movilidad por instalaciones de semáforos. Madrid: Departamento de Tecnologías del Tráfico (DTT), 2011. Disponível em: <http://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/PerfilContratante/PC_Areas/PC_SegurMovi/2011%20Anuncios%20licitaci%C3%B3n,%20adjudicaci%C3%B3n%20y%20formalizaci%C3%B3n/ficheros/2%20PPT_300201100991.pdf>. Acesso em: 7 maio 2016.

POLYVYANY, A.; SMIRNOV, S.; WESKE, M. Business Process Model Abstraction. In: VOM BROCKE, J.; ROSEMAN, M. **Handbook on Business Process Management 1: Introduction, methods, and information systems**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 147-165.

RABELLO, J. A. **SINIAV — Sistema Nacional de Identificação Automática de Veículos**. 23 nov. 2010. Disponível em: <<http://siniav.blogspot.com.br/2010/11/siniav-sistema-nacional-de.html>>. Acesso em: 11 nov. 2015.

REDE DA MADRUGADA: ônibus 24 horas por dia. **WRI Brasil Cidades Sustentáveis**, Porto Alegre, fev. 2015. Disponível em: <<http://wricidades.org/conteudo/rede-da-madrugada-%C3%B4nibus-24-horas-por-dia>>. Acesso em: 10 ago. 2016.

REIJERS, H. A.; MENDLING, J.; RECKER, J. Business Process Quality Management. In: VOM BROCKE, J.; ROSEMAN, M. **Handbook on Business Process Management 1: Introduction, methods, and information systems**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 167-185.

REIS, K. Aplicativos que permitem alertar sobre blitz no trânsito preocupam a polícia. **Diário Catarinense**, Florianópolis, Grupo RBS, 28 jan. 2015. Disponível em: <<http://dc.clicrbs.com.br/sc/noticias/noticia/2015/01/aplicativos-que-permitem-alertar-sobre-blitz-no-transito-preocupam-a-policia-4689398.html>>. Acesso em: 26 maio 2016.

REIS, M. Mobilidade urbana: um desafio para gestores públicos. **Cadernos FGV Projetos**, Rio de Janeiro, FGV Projetos, ano 9, n. 24, p. 130-139, jun. jul. 2014.

REZENDE, J.; DIAS, E. Deployment of an Operational Control Center in a Smart City. **International Journal of Transportation Systems**, Nicosia, Cyprus, International Association of Research and Science, Vol. 1, p. 39-47, 2016.

RIDOLFI, R. **Guidelines for Successful Public-Private Partnerships**. Bruxelles: European Commission, Direction générale de la politique régionale, Mar. 2003. Disponível em: <http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/guides/ppp_en.pdf>. Acesso em: 7 maio 2016.

RIGBY, C. London council uses digital — and the promise of reduced parking costs — to woo shoppers to the high street. **Internet Retailing**, London, SJP Business Media, Feb. 5, 2016. Disponível em: <<http://internetretailing.net/2016/02/london-council-uses-digital-and-the-promise-of-reduced-parking-costs-to-woo-shoppers-into-local-shops/>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

RUMMLER, G. A.; RAMIAS, A. J. A Framework for Defining and Designing the Structure of Work. In: VOM BROCKE, J.; ROSEMAN, M. **Handbook on Business Process Management 1: Introduction, methods, and information systems**. Berlin: Springer-Verlag, 2010. p. 83-106.

RUPP, J.; ZOBEL, D. **Quo Vadis, SNMP?** White Paper Part 1: Introducing SNMP. Nuremberg: Paessler, 2014a. Disponível em: <https://www.paessler.com/common/files/pdf/whitepaper/introducing_snmp_1_en.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2015.

_____. **Quo Vadis, SNMP?** White Paper Part 2: Putting SNMP into practice. Nuremberg: Paessler, 2014b. Disponível em: <https://assets.paessler.com/common/files/pdf/whitepaper/introducing_snmp_2_en.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2015.

SAIDEL, M. A. et al. Sistema para la Gestión del Uso de la Energía en Instituciones Públicas. **Infomación Tecnológica** [online], La Serena, Chile, Centro de Información Tecnológica, vol. 17, n. 4, p. 71-76, 2006.

SÃO PAULO (Município). Secretaria Executiva de Comunicação. Ônibus da madrugada transportaram quase 5 milhões de passageiros em seis meses. **Prefeitura de São Paulo**, Secretaria Executiva de Comunicação, 25 set. 2015. Disponível em: <<http://www.capital.sp.gov.br/portal/noticia/6065/#ad-image-0>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

SAUSSIÉ, S.; TIROLE, J. Strengthening the Efficiency of Public Procurement. **Les notes du Conseil d'Analyse Economique**, Paris, Conseil d'Analyse Economique, no. 22, Apr. 2015. Disponível em: <<http://www.cae-eco.fr/IMG/pdf/cae-note022-env2.pdf>>. Acesso em: 6 maio 2016.

SCHWARTZ, S. I.; ROSEN, W. **Street Smart: the rise of cities and the fall of cars**. New York: PublicAffairs, 2015.

SON, S. **Legal Analysis on Public-Private Partnerships Regarding Model PPP Rules**. Vienna, Austria, United Nations Commission on International Trade Law, June, 2012.

SOUZA, A. M. **Critérios de seleção de sistemas de gerenciamento de bancos de dados não relacionais em organizações privadas**. 2013. 137f. Dissertação (Mestrado em Ciências) — Escola de Artes, Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2013.

SPTRANS (São Paulo Transporte S/A). **Noturno**: Rede de Ônibus da Madrugada da 0h às 4h. São Paulo: SPTrans, s/d. Disponível em: <<http://www.sptrans.com.br/noturno/>>. Acesso em: 11 ago. 2016.

STERN, N. Waze's Drive Towards Successful Public Partnerships. **Data-Smart City Solutions**, Cambridge, MA, Harvard Kennedy School, Feb. 11, 2016. Disponível em: <<http://datasmart.ash.harvard.edu/news/article/wazes-drive-towards-successful-public-partnerships-786>>. Acesso em: 18 jul. 2016.

TATTO, J. A. **Mobilidade urbana em São Paulo**: aplicação de soluções imediatas e eficazes. 2015. 163f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas. São Paulo, 2015.

TOLEDO, R. P. **A capital da vertigem**: uma história de São Paulo de 1900 a 1954. Rio de Janeiro: Objetiva, 2015.

TRAFFIC CONTROL EQUIPMENT Maintenance and Related Services Contract. **Government Online — Government Tenders, Government News and Information**. London, 26 Apr., 2013. Disponível em: <<http://www.government-online.net/traffic-control-equipment-maintenance-and-related-services/>>. Acesso em: 7 maio 2016.

TRAFFIC CONTROL EQUIPMENT Maintenance and Related Services Contract (**TCMS2**). London: Transport for London, Finance and Policy Committee, 17 Jul. 2014 (Item 11: Traffic Control Maintenance Services). Disponível em: <<http://content.tfl.gov.uk/fpc-20140717-part-1-item11-tcms2.pdf>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

TUWIEN (Technische Universität Wien). **European Smart Cities 4.0** (2015). Disponível em: <<http://www.smart-cities.eu/?cid=5&city=47&ver=4>>. Acesso em: 2 jun. 2016.

URAÍA WORKSHOP, Oslo, Jun. 29-30, 2015. **Public-Private Partnerships for SMART City Management: Recommendations for local governments to prepare and implement SMART PPPs**. Oslo: Uraía, Sep. 2015. Disponível em: <<http://www.uraia.org/files/uploads/oct-2015-uraia-smart-ppp-eng>>. Acesso em: 7 maio 2016.

VAN AUDENHOVE, F.-J. et al. **The Future of Urban Mobility 2.0**. Bruxelles: UITP; Arthur D. Little, Dec. 2013.

VASCONCELOS, V. S.; QUEVEDO-SILVA, F.; ROVAL, R. L. O papel da gestão de projetos na integração de sistemas de transporte inteligente em um centro de controle operacional metroferroviário. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION SYSTEMS AND TECHNOLOGY MANAGEMENT (CONTECSI), 12, May 20-23, 2015, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo: Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo, 2015. Disponível em: <<http://www.contecsi.fea.usp.br/envio/index.php/contecsi/12CONTECSI/paper/view/2259>>. Acesso em: 25 jun. 2016.

WANG, C.; DAVID, B.; CHALON, R. Dynamic road lane management: A smart city application. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED LOGISTICS AND TRANSPORT (ICALT), May 1-3, 2014, Tunis. **2014 International Conference on Advanced Logistics and Transport (ICALT)**, New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2014. p. 72-77. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6864085>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

WANPENG, F.; YU, L. Opportunities, Challenges and Practices of the Internet of Things. **ZTE**, Hong Kong, ZTE Corporation, Oct. 5, 2010. Disponível em: <http://www.zte.com.cn/endata/magazine/zte technologies/2010/no5/articles/201005/t20100510_184418.html>. Acesso em: 14 set. 2016.

WASHINGTON, DC. **District Department of Transportation**. Disponível em: <<http://ddot.dc.gov/>>. Acesso em: 1 ago. 2016.

WEGENER, M. The Future of Mobility in Cities: Challenges for Urban Modelling. In: VIEGAS, J. M.; MACARIO, R. **12th WCTR: World Conference on Transport Research, 11-15 July 2010, Lisbon, Portugal, general proceedings**. Lisbon: WCTR Society, 2010. Disponível em: <http://www.spiekermann-wegener.com/pub/pdf/mw_wctr2010_01651.pdf>. Acesso em: 6 out. 2015.

WILLIAMS, M. Residents of upscale LA neighborhoods pissed at Waze. They're fighting back in the most passive-aggressive way possible. **Boing Boing**, Nov. 14, 2014. Disponível em: <<http://boingboing.net/2014/11/14/upscale-la-neighborhoods-disru.html>>. Acesso em: 21 maio 2016.

WRIGHT, L.; HOOK, W (Eds.). **Manual de BRT Bus Rapid Transit**. Guia de planejamento. Brasília, DF: Ministério das Cidades; New York: Institute for Transportation & Development Policy, dez. 2008.

WU, X. et al. Data Mining with Big Data. **IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering**, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Vol. 26, No. 1, p. 97-107, 2014.

YESCOMBE, E. R. **Public-Private Partnerships: Principle of policy and finance**. Amsterdam, NL: Elsevier, 2007.

ZANATTA, R. A. F.; PAULA, P. C. B.; KIRA, B. **Contribuições para o debate sobre regulação do aplicativo Uber no Brasil**. São Paulo: InternetLab, jun. 2015.

ZANELLA, A. et al. Internet of Things for Smart Cities. **IEEE Internet of Things Journal**, New York, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Vol. 1, No. 1, p. 22-32, Feb. 2014.

ZIKOPOULOS, Paul et al. **Big Data Beyond the Hype**: A guide to conversations for today's data center. New York: Mc Graw Hill Education, 2015.