

MOBILIDADE EM CIDADES INTELIGENTES: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE AS TECNOLOGIAS USADAS NO TRANSPORTE PÚBLICO

MARCONI MARTINS DE LAIA
FACULDADE IBMEC (IBMEC)

ANA CLARA VELOSO NOGUEIRA
FACULDADE IBMEC (IBMEC)

MOBILIDADE EM CIDADES INTELIGENTES: UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE AS TECNOLOGIAS USADAS NO TRANSPORTE PÚBLICO

1. Introdução

As cidades desempenham um papel primordial nos aspectos sociais e econômicos em todo o mundo e têm um grande impacto no meio ambiente (Mori e Christodoulou, 2012). Segundo a Organização das Nações Unidas, em 2019, 55% da população mundial vivia em áreas urbanas e a expectativa é de que esta proporção aumente para 70% até 2050 (ONU, 2019). Essa rápida migração para centros urbanos gera desafios complexos referentes ao planejamento, desenvolvimento e operação das cidades.

Nas cidades contemporâneas, os sistemas urbanos estão sob pressão crescente devido ao enorme desafio da sustentabilidade, juntamente com a maior onda de urbanização na história (Bibri & Krogstie, 2017). Dessa forma, o contexto atual torna necessário que as cidades encontrem diferentes maneiras de gerenciar novos desafios urbanos de maneira eficiente e sustentável.

Nessa conjuntura, um dos desafios mais críticos está relacionado à mobilidade urbana, um dos componentes mais importantes para apoiar o funcionamento dos centros urbanos (Benevolo et al., 2016). A sua importância se deve ao fato de que o transporte público mais eficiente e de alta qualidade é considerado um elemento-chave para o crescimento da cidade, pois atende às necessidades econômicas e conecta a mão-de-obra ao emprego, lazer e oportunidades (Albino et al., 2015).

O atual cenário de mobilidade urbana está associado ao risco de inúmeros impactos ambientais, sociais e econômicos, incluindo a ameaça do uso insustentável de energia, aumento da poluição do ar e da água, degradação ambiental, planejamento urbano inadequado, mobilidade e acessibilidade ineficazes e congestionamento de tráfego (Bibri & Krogstie, 2017). Sob a perspectiva dos usuários, os cidadãos percebem o acesso e o uso de serviços locais, como o transporte público, como demorado, inconveniente ou inseguro (Tiwari et al., 2011 apud Belanche et al., 2016).

Os prejuízos causados pela ineficiência de um sistema de transporte público são observados por todos os cidadãos da cidade, principalmente por aqueles de menor renda que mais necessitam de tais serviços (Cardoso, 2008). Os impactos da ausência de mobilidade urbana de massa eficiente podem ser observados em diversos setores, assim como na qualidade de vida da comunidade e na economia.

Em busca de mitigar os impactos negativos dessa ineficiência, cidades em todo o mundo começaram a buscar soluções com efeitos positivos de longo prazo na economia. Muitas das novas abordagens relacionadas aos serviços urbanos de mobilidade têm sido baseadas em tecnologias de aproveitamento, incluindo a informática e as telecomunicações (TICs), ajudando a criar o que se chama de "cidades inteligentes" (Albino et al., 2015).

As cidades estão se tornando inteligentes não apenas em termos da maneira como podemos automatizar as funções de rotina que atendem a pessoas, edifícios e sistemas de tráfego, mas também de maneiras que nos permitem monitorar, compreender, analisar e planejá-las para melhorar a eficiência, a equidade e a qualidade de vida para seus cidadãos em tempo real (Batty et al., 2012).

Uma das formas de compreender os avanços das cidades inteligentes e seus efeitos sobre a mobilidade urbana é através de estudos de revisão de literatura. Por meio deles, é possível compreender o estado da arte da temática e quais os pontos que são vistos como críticos para a utilização das TICs no contexto da mobilidade urbana. Diante do exposto, o problema de pesquisa desse artigo é: a partir de uma revisão de literatura, quais são os conceitos que compõem a base tecnológica para sustentar a implementação de mobilidade inteligente em sistemas de transporte público? O objetivo deste estudo de revisão de literatura, no âmbito de cidades inteligentes, é identificar e compreender quais são as tecnologias mais relevantes

utilizadas para tornar o transporte público eficiente e sustentável, apresentando alguns dos desafios para o desenvolvimento de um sistema de transporte inteligente.

2. Referencial Teórico

2.1 Cidades Inteligentes

As cidades inteligentes ou *smart cities* são frequentemente retratadas como constelações de instrumentos em muitas escalas que estão conectadas por meio de várias redes que fornecem dados contínuos sobre os movimentos de pessoas e materiais em termos do fluxo de decisões sobre a forma física e social da cidade (Batty et al. , 2012). Por abordar muitos temas e diferentes sistemas, não existe um único modelo de enquadramento de uma cidade inteligente, nem uma definição única dela (O’Grady and O’Hare, 2012)

O termo Cidade Inteligente, ou *Smart City*, foi usado pela primeira vez na década de 1990 e o Instituto da Califórnia de Comunidades Inteligentes, de acordo com Alawadhi et al. (2012), foi um dos primeiros a focar em como as comunidades poderiam se tornar inteligentes e como uma cidade poderia ser projetada para implementar tecnologias de informação. O objetivo era criar novas políticas públicas para lidar com os diferentes problemas que as cidades vinham apresentando devido ao crescimento acelerado de seus centros urbanos.

Apesar de não possuir definição única, as cidades, entretanto, só podem ser inteligentes se houver funções de inteligência capazes de integrar e sintetizar dados para algum propósito, como formas de melhorar a eficiência, a equidade, a sustentabilidade e a qualidade de vida dos cidadãos (Batty et al., 2012).

De acordo com Nam e Pardo (2011), uma cidade inteligente insere informações em sua infraestrutura física com diversos propósitos como a melhoria da mobilidade, da qualidade do ar e da água, bem como de diversos outros objetivos por meio da identificação e resolução de problemas via coleta e tratamento intensivo de dados da cidade. Caragliu et al. (2011), colocam o foco no desenvolvimento econômico sustentável e na melhoria da qualidade de vida dos cidadãos. Para os autores, as cidades inteligentes são aquelas capazes de estimular um desenvolvimento socioeconômico ao investirem em capital humano e em infraestruturas de comunicação tradicionais (transporte) e modernas (TICs) por meio de governos participativos e uso inteligente de recursos naturais.

Marsal-Llacuna et al. (2014) afirmam que as cidades inteligentes tentam melhorar o desempenho urbano usando dados, informações e tecnologias da informação (TI) para fornecer serviços mais eficientes aos cidadãos. Bakıcı et al. (2012), afirmam que se trata de um ambiente tecnológico avançado que conecta pessoas, informações e elementos da cidade usando novas tecnologias digitais. O propósito é criar um espaço competitivo, inovador e com alta qualidade de vida.

É possível perceber que o termo não possui acepções únicas, mas elas não se limitam à disseminação das tecnologias de informação e comunicação (TICs), abrangendo também as necessidades das pessoas e da comunidade, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida de todos que ali vivem. Batty et al. (2012) esclarecem esse aspecto destacando que a difusão das TICs deve melhorar o funcionamento de todos os subsistemas urbanos, com o objetivo de melhorar a vida da comunidade. Contudo, Aurigi (2005) argumenta que, embora não se limite a elas, a utilização das TICs são centrais para a sua operação, estando no centro de todas as perspectivas de *smart cities* (apud Meijer & Rodríguez Bolívar, 2015).

2.1.1 Mobilidade Inteligente

Mobilidade inteligente é um dos seis componentes principais de uma cidade inteligente, de acordo com um projeto conduzido pelo Centro de Ciência Regional da Universidade de Tecnologia de Viena (Albino et al., 2015). Os outros cinco são: economia inteligente, ambiente inteligente, cidadão inteligente, vida inteligente e governança inteligente. Lombardi et al. (2012) associaram-nos a diferentes aspectos da vida urbana e, de acordo com eles, mobilidade

inteligente refere-se ao uso de TICs em tecnologias de transporte modernas, seguras e sustentáveis para aprimoramento do tráfego urbano abrangendo logística e infraestrutura.

A mobilidade é um dos componentes mais importantes para apoiar o funcionamento dos centros urbanos, uma vez que graças ao transporte, as pessoas e os objetos conseguem se deslocar de um local para outro. No entanto, o transporte produz diversos impactos negativos graves, afetando aspectos como poluição, tráfego, congestionamentos, muito tempo para cruzar a cidade e, como consequência, trazendo problemas no equilíbrio entre trabalho e vida pessoal (Benevolo et al., 2016).

Em função dessas questões, a mobilidade inteligente é um dos temas mais promissores, pois traz a possibilidade de grandes avanços e melhorias na qualidade de vida de quase todos os públicos da cidade, possibilitando um transporte seguro, eficiente e sustentável. Ela é um conjunto complexo de projetos e múltiplas ações que possuem diferentes objetivos. A partir de uma análise da literatura, Benevolo et al. (2016) reuniram os alvos prioritários da mobilidade inteligente. (A) Redução da poluição; (b) Redução do congestionamento do tráfego; (c) Aumento da segurança das pessoas; (d) Redução da poluição sonora; (e) Melhora da velocidade de transferência; (f) Redução dos custos de transferência. Para alcançá-los é necessária a atuação de múltiplos atores-chave: empresas e organizações de transporte público, empresas privadas e cidadãos, órgãos públicos e governos locais e, por fim, a combinação de todos eles em iniciativas integradas (por exemplo, Sistemas de Transporte Inteligentes - ITS) (Benevolo et al, 2016)

2.1.2 Sistemas de Transporte Inteligente

Os Sistemas de Transporte Inteligentes ou *Intelligent Transport Systems* (ITS) consistem em várias soluções de mobilidade inteligente agrupadas. Os ITS são aplicativos avançados para coletar, armazenar e processar dados, informações e conhecimento com o objetivo de planejar, implementar e avaliar iniciativas integradas e políticas de mobilidade (Benevolo et al., 2016). Alguns exemplos de soluções que constituem um ITS são: sistemas integrados de orientação de estacionamento, de videovigilância para segurança de área e meio ambiente, de coleta de dados de tráfego e integrados de gestão de mobilidade.

De acordo com Benevolo et al. (2016), ITS é o que há de mais avançado em termos de soluções de mobilidade inteligente. Desse modo, o desempenho das TICs integradas é fundamental para o funcionamento de aplicações e sistemas de detecção e processamento de dados e informações. Além disso, só podem ser implementadas sob uma visão holística, sendo consideradas as políticas anteriores e uma visão integrada das diferentes dimensões da vida urbana, sendo ponderado também a aceitação da comunidade e inovações em fase de teste.

Uma das soluções que ganharam muita atenção com o conceito de ITS, são as redes veiculares, ou simplesmente VANETs - Vehicular Ad hoc NETworks (Naumov et al., 2006 apud Silva et al., 2018). Como foi apresentado por Silva et al. (2018), VANETs são amplamente utilizadas para gerenciar o congestionamento de tráfego nos subúrbios da cidade usando a comunicação veículo-a-veículo (VV) e capacidade de comunicação veículo-infraestrutura (VI). Devido à capacidade de comunicação em tempo real, os sistemas inteligentes de transporte tornaram-se capazes de atuar de forma eficiente com base em dados em tempo real.

De acordo com a ENEA (Agência Nacional de Novas Tecnologias, Energia e Desenvolvimento Econômico Sustentável da Itália), como foi apresentado por Benevolo et al. (2016), as experiências feitas nos países da União Europeia, EUA e Japão mostraram que a introdução de tecnologias ITS contribuiu significativamente para melhorar a eficiência, segurança, impacto ambiental e produtividade geral do sistema de transporte. Tais aplicações são uma solução bastante interessante para muitos dos problemas do setor dos transportes, visto que no setor rodoviário houve registros de reduções nos tempos de viagem (15-20%), no consumo de energia (12%) e nas emissões de poluentes (10%), bem como aumentos da capacidade da rede (5-10%) e diminuição do número de acidentes (10-15%). Resultados positivos e relevantes também têm

sido alcançados nos processos de gestão de frota e logística de mercadorias e no exercício do transporte público de passageiros (Benevolo et al., 2016).

Assim, é possível concluir que a integração de sistemas de transporte inteligentes em cidades inteligentes melhora a eficiência operacional das cidades, enquanto otimiza tempo, custo, confiabilidade e segurança do transporte urbano (Silva et al., 2018).

2.2 Conceitos tecnológicos aplicados à mobilidade

Como Lombardi et al. (2012) disseram, mobilidade inteligente refere-se ao uso de TICs em tecnologias de transporte para otimização do tráfego e infraestrutura urbanas. Desse modo, alguns tipos de tecnologias são aliadas nesse processo de aprimoramento. Dentre elas podemos destacar a Internet das Coisas (IoT), bem como seu conjunto de sensores, o *Big Data*, a computação em nuvem (*Cloud Computing*) e os diversos protocolos e tecnologias de troca de dados em rede.

De acordo com Rathore et al. (2016), Internet das Coisas ou Internet of Things (IoT) é a interligação de dispositivos heterogêneos entre si através da Internet. Para Atzori et al. (2010), a IoT é um paradigma de comunicação no qual os objetos da vida cotidiana são equipados com microcontroladores, transceptores para comunicação digital, sensores e identificadores de rádio frequência que os tornam capazes de comunicarem entre si e com os usuários, integrando à Internet. Dessa forma, entende-se que o objetivo é tornar a Internet mais abrangente e interligada, transformando o mundo físico em um ecossistema de informação, a partir da capacitação dos objetos para ouvirem, verem e se comunicarem ao mesmo tempo.

Além disso, ao permitir fácil acesso e interação com uma ampla variedade de dispositivos, a IoT promove o desenvolvimento de aplicações que utilizam a enorme quantidade e variedade de dados gerados, o que também é chamado de *Big Data*. A coleta e tratamento dos dados permite que tais objetos possam fornecer novos serviços aos cidadãos, empresas e administrações públicas (Zanella et al., 2014). Assim, *Big Data* é usado para analisar diferentes aspectos da cidade inteligente e, em seguida, o conhecimento obtido de dados gerados no passado é usado para a melhoria das cidades (Hashem et al., 2016).

Em função disso, Zanella et al. (2014) denominaram como IoT urbanas infraestruturas de comunicação que fornecem acesso unificado, simples e econômico a uma infinidade de serviços públicos tradicionais, como o transporte, por exemplo, resultando em vários benefícios em seu gerenciamento e na otimização dos recursos. No uso dessas IoTs urbanas, que foram projetadas para suportar a visão de cidade inteligente, a maioria dos dados que serão utilizados para entender as cidades virão de sensores digitais e tecnologias sem fio e estarão disponíveis em várias formas, com marcas temporais e também de geolocalização em muitos casos (Batty et al., 2012).

Na verdade, conforme os sensores coletam *terabytes* de informações, os dados precisam ser agregados, processados e armazenados (Hancke et al., 2012). A computação em nuvem ou *cloud computing* é um modelo para permitir o acesso de rede *on-demand* conveniente e onipresente a um centro compartilhado de recursos de computação configuráveis (por exemplo, redes, servidores, armazenamento, aplicativos e serviços) que podem ser rapidamente abastecidos e liberados com o mínimo de esforço de gerenciamento ou interação com o provedor de serviços (Botta et al., 2015).

Verifica-se, pois, que o conceito de cidade inteligente está vinculado ao avanço das TICs que permitiram a captação, transmissão e distribuição das informações de forma precisa e rápida, através de telecomunicações, internet e outros meios. O objetivo das TICs é adequar e otimizar as operações da cidade de forma preditiva, ou para auxiliar na tomada de decisões que exijam imediatismo por parte dos *stakeholders* que gerenciam a cidade (Harrison et al., 2010).

3. Metodologia

Em busca de uma melhor compreensão sobre as tecnologias utilizadas no transporte público no contexto de cidades inteligentes foi realizada uma revisão sistemática da literatura. Ela pode ser

entendida como um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas relevantes disponíveis para uma questão particular de pesquisa, ou um tópico de uma área, ou um fenômeno de interesse (Kitchenham, 2007).

Dessa forma, esse estudo caracteriza-se como uma pesquisa descritiva que busca retratar e analisar as principais tecnologias usadas para oferecer soluções que se configuram como mobilidade inteligente através do transporte público em cidades. O método de pesquisa (ou abordagem analítica) utilizado foi o qualitativo, o que se traduziu em uma estratégia para localização e seleção de artigos acadêmicos.

É uma metodologia confiável que tem princípios rigorosos e permite ser auditável para validar os resultados, se necessário, além de buscar interpretar pesquisas prévias relacionadas a um fenômeno particular de interesse do pesquisador (Jalonon, 2012). Para Kitchenham (2007), revisões sistemáticas devem ser realizadas de acordo com uma estratégia de busca pré definida e devem permitir que a completude da busca seja avaliada.

Os procedimentos metodológicos utilizados neste estudo podem ser descritos por diretrizes de Wolfswinkel et al. (2013) e seu uso de técnicas baseadas na teoria fundamentada de "revisão rigorosa da literatura". Essas diretrizes compreendem cinco etapas: (1) definir o escopo da revisão, (2) pesquisar a literatura, (3) selecionar a amostra final, (4) analisar o *corpus* e (5) apresentar os achados e resultados.

Em um primeiro momento, foram realizadas consultas em bancos de dados *online* para a obtenção de uma compreensão inicial da literatura existente. Com o objetivo de garantir o tamanho gerenciável da amostra, foram escolhidas as bases de dados *Web of Science* e *Google Acadêmico*, como base de apoio, por serem multidisciplinares e apresentarem amplo conteúdo. Com base na leitura de resumos e também de artigos muito citados exibidos no Quadro 1, foram elaborados critérios de busca usando combinações de palavras-chave contendo os termos "cidade inteligente" ou "cidades inteligentes" ou "smart city" ou "smart cities", "transporte público" ou "public transport", "mobilidade inteligente" ou "smart mobility" ou "sistema de transporte inteligente" ou "intelligent transportation system". A busca foi configurada em ambas as bases para localizar os termos sem filtro por área de conhecimento ou categoria, somente foram considerados os períodos de publicação de 2011 a 2021 (ver Figura 1), por serem os anos com o maior número de artigos publicados sobre o tema e para limitar o tamanho da amostra proporcionalmente aos recursos disponíveis para leitura.

Todas estas buscas contribuíram para a contextualização, entendimento dos conceitos e de aplicações em estudos de caso. A partir das buscas no *Web of Science*, foram catalogados mais de quatrocentos artigos. Com o objetivo de destacar aqueles que iriam contribuir mais para o objetivo do estudo, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão nos resultados de pesquisa. Os critérios utilizados foram: (a) os termos inseridos na busca devem constar no título ou palavras-chave do resultado; (b) o estudo deve estar disponível na base de dados; (c) o estudo deve ser teórico ou empírico com foco em tecnologias para o transporte público e estar relacionado diretamente ao tema de pesquisa. Através desses critérios chegou-se a uma amostra de aproximadamente 120 artigos.

Em seguida, após os critérios de inclusão e exclusão, foi realizada a leitura dos resumos dos trabalhos selecionados. Todos os artigos da ampla pesquisa bibliográfica foram analisados quanto à sua relevância para avaliação da implementação de sistemas de mobilidade inteligente, exceto aqueles que não possuíam resumo.

Para compor a base final de análise, foram priorizados aqueles artigos que possuíam mais de uma das *strings* de busca no título e/ou nas palavras-chave e/ou no resumo e ao menos 50 citações. A priorização foi baseada na relevância ao tema do estudo, tendo sido criadas três categorias de importância, sendo elas: P2 – não relevante, aqueles que não cumpriram todos os critérios de inclusão e exclusão e não tinham resumo; P1 – pouco relevante, aqueles que cumpriram os critérios de inclusão e exclusão, mas não possuíam mais de duas *strings* de busca

ou não foram citados mais que 50 vezes; P0 – relevante, aqueles que cumpriram com os filtros citados. Feito isso, foi feita a leitura completa dos trabalhos que obtiveram o nível de relevância P0. A amostra final foi de quarenta e três artigos, sendo todos de revistas internacionais.

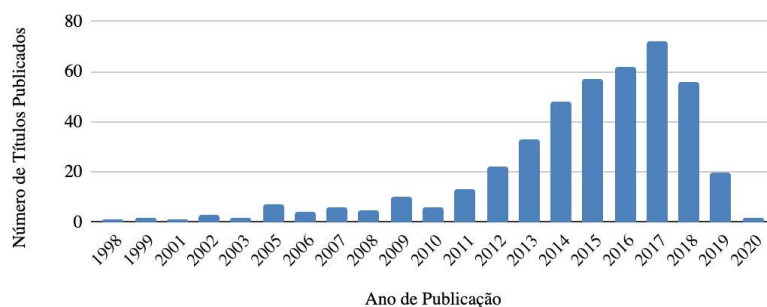
Por fim, durante a leitura na íntegra dos artigos, foram realizadas sínteses gerais e algumas ponderações sobre os artigos e estudos da amostra final, observando-se as tecnologias utilizadas, metodologias aplicadas e quais outros conceitos também estavam relacionados ao tema. Foram, principalmente, buscadas definições sobre as tecnologias utilizadas em soluções de mobilidade inteligente e exemplos de aplicação destas em cidades inteligentes. Contudo, na discussão dos resultados foram considerados 17 trabalhos. A escolha deles para apresentação no texto seguiu uma lógica de Pareto, uma vez que, juntas, as suas citações destes artigos correspondem a 78,96% das citações dos 43 artigos da base.

4. Análise dos Resultados

4.1 Observações Gerais

A partir das buscas no *Web of Science*, foi obtido o histórico de publicações em relação às *strings* de pesquisa. Como mostra a Figura 1, foram mapeados artigos publicados entre os anos 1998 e 2020. Devido ao ganho de relevância dos temas a partir de 2011, foram analisados os estudos publicados a partir desse ano. O Quadro 1 apresenta os 17 trabalhos selecionados mais citados em ordem de citações, destacando-se o autor(es), o título, o objetivo do estudo e o ano de publicação.

Figura 1 - Histórico de publicações no Web of Science a partir das buscas



Fonte: elaborado pelos autores.

Quadro 1: Informações dos 17 trabalhos selecionados mais citados

Autor(es)/Ano	Título	Objetivo do estudo	Citações
Zanella, A; Bui, N; Castellani, A; Vangelista, L; Zorzi, M (2014)	<i>Internet of Things for Smart Cities</i>	Este documento fornece uma pesquisa abrangente das tecnologias, protocolos e arquitetura habilitadores para uma IoT urbana. Além disso, apresenta e discute as soluções técnicas e as diretrizes de melhores práticas adotadas no projeto Padova Smart City, uma implantação de prova de conceito de uma ilha de IoT na cidade de Padova, Itália.	2101
Caragliu, A; Del Bo, C; Nijkamp, P (2011)	<i>Smart Cities in Europe</i>	O artigo tem o objetivo de esclarecer o conceito de cidade inteligente. Foi enfocada uma visão operacional e apresentadas evidências consistentes sobre a sua geografia na União Europeia. O resultado levou à formulação de uma nova agenda estratégica para as cidades europeias e seus projetos de <i>Smart Cities</i> .	1048
Botta, A; de Donato, W; Persico, V; Pescape, A (2016)	<i>Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey</i>	Este artigo concentra a atenção na integração da nuvem e da IoT, o chamado de paradigma CloudIoT, que envolve aplicativos, desafios e questões de pesquisa completamente novos. Para preencher essa lacuna, este artigo fornece uma pesquisa bibliográfica sobre a integração da nuvem e da IoT.	817

Quadro 2: Informações dos 17 trabalhos selecionados mais citados (Continuação)

Autor(es)/Ano	Título	Objetivo do estudo	Citações
Albino, V; Berardi, U; Dangelico, RM (2015)	<i>Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives</i>	Este artigo tem como objetivo esclarecer o significado da palavra inteligente no contexto das cidades por meio de uma abordagem baseada em uma revisão aprofundada da literatura de estudos relevantes, bem como de documentos oficiais de instituições internacionais. Também identifica as principais dimensões e elementos que caracterizam uma cidade inteligente.	715
Neirotti, P; De Marco, A; Cagliano, AC; Mangano, G; Scorrano, F (2014)	<i>Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts</i>	Este artigo fornece uma compreensão abrangente da noção de cidade inteligente através da elaboração de uma taxonomia dos domínios de aplicação pertinentes, a saber: recursos naturais e energia, transporte e mobilidade, edifícios, vida, governo e economia e pessoas. Este trabalho fornece aos formuladores de políticas e gestores municipais diretrizes úteis para definir e conduzir sua estratégia de cidade inteligente.	714
Batty, M; Axhausen, KW; Giannotti, F; Pozdnoukhov, A; Bazzani, A; Wachowicz, M; Ouzounis, G; Portugali, Y (2012)	<i>Smart cities of the future</i>	Este artigo começa definindo o estado da arte, explicando a ciência das cidades inteligentes. Ele define seis cenários e propõe áreas de projetos para implementação baseados em novas cidades que se autodenominam inteligentes: cidades mais velhas se regenerando como inteligentes, o desenvolvimento de parques científicos, cidades tecnológicas e tecnopólos focados em altas tecnologias, o desenvolvimento de serviços urbanos usando TICs contemporâneas, o uso de TIC para desenvolver novas funções de inteligência urbana e o desenvolvimento de formas de participação <i>on-line</i> e móveis.	643
Jin, J; Gubbi, J; Marusic, S; Palaniswami, M (2014)	<i>An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things</i>	Este artigo apresenta uma estrutura para a realização de cidades inteligentes por meio da Internet das Coisas (IoT). Esta visão da IoT para uma cidade inteligente é aplicada a um estudo de caso de mapeamento de ruído para ilustrar um novo método para operações existentes que pode ser adaptado para a melhoria e entrega de serviços importantes da cidade.	545
Perera, C; Zaslavsky, A; Christen, P; Georgakopoulos, D (2014)	<i>Sensing as a service model for smart cities supported by Internet of Things</i>	Neste artigo, explora-se o conceito de sensoriamento como um serviço e como ele se encaixa na IoT no contexto de cidades inteligentes. O objetivo é investigar o conceito de sensoriamento como um modelo de serviço nas perspectivas tecnológica, econômica e social e identificar os principais desafios e questões em aberto.	439
Vanolo, A (2014)	<i>Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy</i>	O artigo analisa o conceito de cidade inteligente em perspectiva crítica, é amplamente baseado em reflexões teóricas e usa a política das cidades inteligentes na Itália como um estudo de caso. Ele analisa como o discurso da cidade inteligente proposto pela União Europeia foi reclassificado para produzir novas visões da 'cidade boa' e do papel dos atores privados e cidadãos na gestão do desenvolvimento urbano.	390
Hashem, IAT; Chang, V; Anuar, NB; Adewole, K; Yaqoob, I; Gani, A; Ahmed, E; Chiroma, H (2016)	<i>The role of big data in smart city</i>	Neste artigo, foram descritas as tecnologias de comunicação de ponta e os aplicativos inteligentes usados no contexto de cidades inteligentes. As visões da análise de <i>big data</i> para apoiar cidades inteligentes são discutidas com foco em como o <i>big data</i> pode mudar fundamentalmente as populações urbanas em diferentes níveis.	293

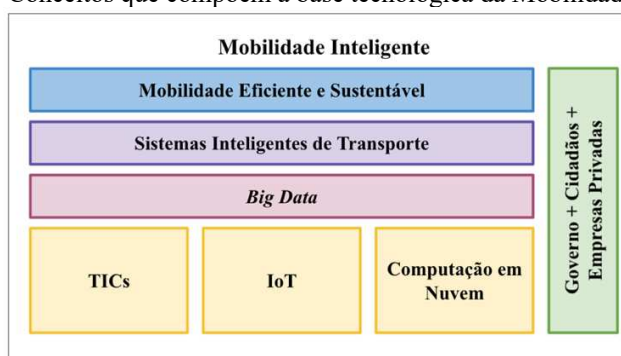
Quadro 3: Informações dos 17 trabalhos selecionados mais citados (Continuação)

Autor(es)/Ano	Título	Objetivo do estudo	Citações
Lombardi, P; Giordano, S; Farouh, H; Yousef, W (2012)	<i>Modelling the smart city performance</i>	Este artigo oferece um novo framework que é usado para classificar indicadores de desempenho de cidades inteligentes e para estruturar um exercício ANP (Analytic Network Process) com o objetivo de investigar as relações entre os componentes, atores e estratégias de cidades inteligentes para as quais estão se movendo. Este exercício foi conduzido dentro de um grupo focal, envolvendo vários especialistas em diferentes disciplinas.	284
Ahvenniemi, H; Huovila, A; Pinto-Seppa, I; Airaksinen, M (2017)	<i>What are the differences between sustainable and smart cities?</i>	O objetivo deste estudo é desenvolver a compreensão das semelhanças e diferenças entre os conceitos de cidades inteligentes e sustentáveis e respectivos quadros de avaliação. Para isso, oito sistemas existentes de medição de desempenho de cidades inteligentes e sustentáveis foram comparados com relação aos domínios de aplicação e categorias de impacto dos indicadores usados.	276
Angelidou, M (2014)	<i>Smart city policies: A spatial approach</i>	Este artigo revisa os fatores que diferenciam as políticas de desenvolvimento de cidades inteligentes, no esforço de fornecer uma visão clara das escolhas estratégicas que surgem no mapeamento de tal estratégia.	263
Rathore, MM; Ahmad, A; Paul, A; Rho, S (2016)	<i>Urban planning and building smart cities based on the Internet of Things using Big Data analytics</i>	Ao compreender a viabilidade e o potencial da IoT e da casa inteligente, neste artigo, o conceito de casa inteligente é propagado para a cidade inteligente com a ideia de planejamento urbano e desenvolvimento com base na análise de <i>Big Data</i> . No artigo, é proposto uma arquitetura completa para desenvolver a cidade inteligente e conduzir o planejamento urbano usando análises de <i>Big Data</i> baseadas em IoT.	253
Hancke, GP; Silva, BDE; Hancke, GP (2013)	<i>The Role of Advanced Sensing in Smart Cities</i>	Este artigo apresenta uma visão geral do estado da arte com relação ao sensoriamento em cidades inteligentes. Os tópicos incluem aplicativos de detecção em cidades inteligentes, plataformas de detecção e desafios técnicos associados a essas tecnologias.	238
Silva, BN; Khan, M; Han, K (2018)	<i>Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities</i>	Este artigo tem como objetivo fornecer a essência das cidades inteligentes. Ele apresenta uma breve visão geral das cidades inteligentes, seguida pelos recursos e características, arquitetura genérica, composição e implementações no mundo real de cidades inteligentes. Por fim, alguns desafios e oportunidades foram identificados por meio de uma extensa pesquisa bibliográfica sobre cidades inteligentes.	216
Menouar, H; Guvenc, I; Akkaya, K; Uluagac, AS; Kadri, A; Tuncer, A (2017)	<i>UAV-Enabled Intelligent Transportation Systems for the Smart City: Applications and Challenges</i>	O artigo afirma que não há como falar em cidades inteligentes sem um sistema de transporte inteligente. Dessa forma, os ITS são chave para qualquer conceito de <i>smart city</i> .	215

Fonte: elaborado pelos autores.

Como um dos objetivos do estudo, buscou-se uma maneira de identificar os termos tecnológicos mais presentes no setor de transporte público relacionados ao conceito de cidade inteligente. Para isso, foi feita uma nuvem de palavras, como está representado na Figura 2, demonstrando quais são as tecnologias e conceitos mais relevantes acerca do tema. Essa ponderação foi feita com base na quantidade de vezes que cada palavra foi citada nos 17 trabalhos selecionados mais citados.

Figura 3 - Conceitos que compõem a base tecnológica da Mobilidade Inteligente



Fonte: elaborado pelos autores.

As novas TICs são capazes de melhorar a mobilidade em muitos níveis, aumentando as acessibilidades a empregos, lazer, oportunidades sociais e assim por diante, permitindo assim que os cidadãos aumentem seus níveis de satisfação com a vida (Batty et al., 2012). Afinal, como disseram Silva et al. (2018), o transporte tem sido uma necessidade para as pessoas desde o início da civilização e a evolução da tecnologia estendeu esta exigência de intra e interconexão dos meios de transporte aos diferentes modais (rodoviário, aquaviário, ferroviário e aéreo). Dessa forma, o conceito de conectar objetos do cotidiano revolucionou os sistemas de transporte convencionais em sistemas de transporte modernos interconectados, por serem integrados a vários sistemas de comunicação e sistemas de navegação (Silva et al., 2018).

Um bom exemplo é a cidade de Londres, conhecida por seus excelentes sistemas de gerenciamento e transporte de passageiros (Silva et al., 2018). O sistema de Londres realiza o gerenciamento de congestionamento a partir do reconhecimento das placas dos veículos em certos perímetros, o que reduziu com eficiência o congestionamento durante os horários de pico. Além disso, inclui acesso à internet via *Wi-Fi* no metrô, gerenciamento inteligente de estradas e aluguel de bicicletas. Outro fator que contribui para o aumento de eficiência no transporte público é a ampla aceitação de pagamentos digitais (Silva et al., 2018), o que facilita a realização de mais de uma viagem ou transferência de modal (Batty et al., 2012). Na cidade, todos os ônibus, modais terrestres (ferrovias) e subterrâneos (metrô) podem ser usados com um cartão integrado e há uma base de dados detalhada de quase um bilhão de eventos correspondentes a entradas, saídas, transferências e reembolsos (Batty et al., 2012). A cidade de Londres investe bastante em avanços tecnológicos que exploram a melhoria das cidades futuras e o armazenamento de dados da cidade é considerado a primeira plataforma a fornecer dados públicos abertos que podem ser utilizados no desenvolvimento de várias iniciativas. O sistema de transporte inteligente de Londres é altamente reconhecido como um dos mais avançados do mundo (Silva et al., 2018).

Além de Londres, outra cidade destaque na jornada em direção a um desenvolvimento urbano mais sustentável e inteligente é Singapura. A cidade-estado possui, como uma das principais motivações por trás da transformação da cidade, a necessidade de um sistema de transporte inteligente para superar algumas de suas limitações, como a pouca disponibilidade de área terrestre e a ausência de recursos naturais (Hashem et al., 2017). Foi lá, em 1975, que iniciativas de gerenciamento de congestionamento, como a de Londres, surgiram (Harrison et al., 2010). Esse tipo de iniciativa é chamado no país de *electronic road pricing* (ERP) e o preço da taxa é dinâmico, sendo mais alto em locais e horários com maior demanda de utilização. Como foi citado por Hashem et al. (2017), para implementar o sistema de transporte inteligente, sensores, câmeras, cartões RFID e dispositivos GPS foram implantados aproveitando o acesso de banda larga de alta velocidade e a infraestrutura de internet sem fio do país. Essas tecnologias inteligentes não apenas contribuem para o monitoramento do tráfego, mas também permitem recursos de previsão de congestionamentos futuros que podem resultar no gerenciamento de rotas ideais (Hashem et al., 2017). Os sistemas de transporte público em Singapura, incluindo

ônibus e metrô, são equipados com sistemas de cobrança automatizada de tarifas (AFC) com base na distância e pagamento em cartões inteligentes (Sun & Axhausen, 2016). Através do uso desses cartões, como Sun & Axhausen (2016) documentaram, é possível obter informações sobre o local do embarque e do desembarque, além de informações temporais, frequência de uso e outras análises de padrão de comportamento. Essas iniciativas estão ajudando Singapura a se destacar como uma cidade líder no mundo em transporte inteligente (Hashem et al., 2017). Algumas outras iniciativas de mobilidade inteligente focadas em trazer maior destaque ou eficiência para o transporte público foram as de Porto e Estocolmo, que obtiveram resultados em benefício da comunidade. Em Porto, como foi descrito por Hashem et al. (2017), para conectar os diferentes tipos de veículos que fornecem transporte para os passageiros, foi desenvolvido uma *On-Board Unit* (OBU), multi-rede equipada com interfaces de *Wi-Fi/DSRC/celular*, chamada *NetRider*. *NetRider* habilita os veículos em *hotspots Wi-Fi* que ajudam a fornecer acesso à Internet para as pessoas dentro e ao redor dos veículos de transporte de passageiros, além de conectar os veículos à infraestrutura com fio de provedores de rede e nuvem (Hashem et al., 2017). De acordo com Hashem et al. (2017), essa iniciativa em Porto transformou a cidade na maior rede *Wi-Fi-in-motion* do mundo. Em Estocolmo, o sistema de gerenciamento do congestionamento, similar ao de Londres que existe em determinados perímetros da cidade, resultou em uma redução do tráfego em 25% em um período de 6 meses e uma redução de emissões de carbono de aproximadamente 15% (Harrison et al., 2010). Além disso, como foi apresentado por Harrison et al. (2010), a cidade foi capaz de mitigar os problemas do aumento do tráfego e aumentar o número de passageiros no transporte público em aproximadamente 6% .

A aplicação de modelos analíticos a várias cidades também revelou padrões comuns que podem ajudar a orientar as estratégias de investimento e prever o resultado da adoção de uma abordagem específica. Por exemplo, investir de forma expressiva na expansão de estradas sem uma política de trânsito mais inteligente pode reduzir o uso de transporte público (Naphade et al., 2011). Além disso, outro fator que pode ser relevante para os padrões de desenvolvimento das iniciativas de Cidade Inteligente é o tamanho da cidade. Como foi apresentado por Neirotti et al. (2014), um dos motivos é o fato de as grandes cidades possuírem maior volume de usuários de TIC, o que pode favorecer uma expansão e equilíbrio mais rápidos para novos serviços digitais. É o caso, por exemplo, dos serviços de infomobilidade para transporte público urbano, como o *BusChecker* em Londres que teve mais destaque em grandes centros (Neirotti et al. 2014). Além dessa questão, a alta densidade demográfica das cidades pode ser outra variável relevante na avaliação das tendências de cidades inteligentes em todo o mundo. Isso acontece, porque as cidades com alta densidade demográfica tradicionalmente têm feito um esforço maior para desenvolver seus sistemas de transporte público local (Jun, Kwon, & Jeong, 2013 apud Neirotti et al. 2014)

Para que essas tecnologias alcancem a implementação de mobilidade inteligente em sistemas de transporte público, existem desafios e dificuldades técnicas relacionados à aplicabilidade e funcionamento das iniciativas que devem ser avaliados. Uma delas é a interoperabilidade que é a capacidade de dois dispositivos e redes diferentes de se comunicarem para a troca de informações importantes. Cidades inteligentes incluem dispositivos IoT de diversos âmbitos, por exemplo, medição, logística, monitoramento e transporte inteligente. Desse modo, em uma cidade inteligente, a interoperabilidade desempenha um papel vital para fornecer conectividade entre dispositivos que operam com diferentes TICs (Mehmood et al., 2017). De acordo com o Fórum Econômico Mundial, como foi citado por Mehmood et al. (2017), a interoperabilidade entre dispositivos de diferentes aspectos é uma grande barreira para a disseminação da IoT devido à falta de padrões universais. Outros desafios estão relacionados à garantia de privacidade e segurança, à acomodação da proliferação de sensores e dispositivos e à adoção de um novo paradigma de interação entre os humanos e o computador (Naphade et al., 2011).

Outra questão que influencia no sucesso da implementação de mobilidade inteligente em sistemas de transporte público é a adesão dos cidadãos às inovações. Isso acontece visto que, no discurso da cidade inteligente, as pessoas devem estar dispostas a se adaptar e a viver em cidades mais tecnológicas, sustentáveis e com um constante compartilhamento de dados. Desse modo, esse novo contexto pode afetar a maneira como os cidadãos se comportam. Em outras palavras, os cidadãos e as comunidades locais são investidos com a obrigação moral de se comportar de uma determinada maneira e aderir ao projeto coletivo de construção de cidades inteligentes (Vanolo, 2013). Como foi citado por Vanolo (2013), a inteligência está se tornando um campo de controle social que torna a intrusão na vida privada de uma pessoa bastante natural. Como resultado, é preciso estar atento aos objetivos estabelecidos na estrutura e ao rótulo dado aos projetos de cidades inteligentes.

Por fim, como foi apresentado por Benevolo et al. (2016), as pessoas são essenciais para implementar Sistemas de Mobilidade Inteligente sustentáveis, bem-sucedidos e eficazes, incluindo aplicativos de alta tecnologia e comportamentos virtuosos e conscientes. Especialmente nas fases mais maduras da implementação da Mobilidade Inteligente, cada cidadão é um ator proativo, aceitando uma limitação em sua própria liberdade de transferência (reduzindo o uso de carro particular, por exemplo) e abraçando a busca de objetivos compartilhados inteligentes (Benevolo et al., 2016).

5. Considerações finais

Este artigo tenta esclarecer quais são os conceitos que compõem a base tecnológica para a implementação de mobilidade inteligente em sistemas de transporte público. Uma análise aprofundada da literatura revelou que os conceitos TICs, IoT, Computação em Nuvem e *Big Data* estão transformando a mobilidade urbana em algo eficiente, otimizado e integrado, ou seja, inteligente. Isso torna as cidades com mobilidade inteligente muito mais preparadas para enfrentar o adensamento urbano, fornecendo vários serviços à sociedade que dependem de uma boa mobilidade urbana.

Através das tecnologias pertencentes a estes conceitos se torna possível gerar, processar e analisar um grande volume de dados em tempo real. Com isso, todos os *stakeholders* envolvidos no transporte público passam a reconhecer e a captar quais são os reais fatores que geram os problemas de mobilidade da cidade. Isso permite buscar soluções mais assertivas e de rápida implantação, fazendo com que o transporte público seja eficiente e proporcione melhor qualidade de vida aos cidadãos que o utilizam buscando atender as demandas cotidianas e crescimento populacional, sendo um transporte sustentável e inteligente.

Embora as cidades sejam diferentes, por meio da análise dos modelos abrangendo várias cidades foi possível verificar padrões comuns que podem ajudar a orientar as estratégias. Nesse contexto, um sistema inteligente de transporte deve possibilitar a participação de todos os *stakeholders*, a integração dos sistemas e, por parte do governo, devem ser feitas as iniciativas e estruturação da infraestrutura tecnológica em integrar as informações em um canal de acesso aberto a todos. Muitos elementos e dimensões que caracterizam uma cidade e uma mobilidade inteligente emergiram da análise da literatura existente.

Dessa forma, o presente estudo responde à pergunta de pesquisa e identifica que TICs, IoT, Computação em Nuvem e *Big Data* são os conceitos que compõem a base tecnológica para sustentar a implementação de mobilidade inteligente em sistemas de transporte público e que RFID, sensores e GPS são tecnologias bastante utilizadas nas soluções. Assim, o objetivo de identificar e compreender quais são as tecnologias mais relevantes para tornar o transporte público eficiente e sustentável foi alcançado, além de terem sido apresentados alguns dos os desafios para o desenvolvimento de um sistema de transporte inteligente, como a interoperabilidade. Sugerem-se novos estudos para melhor entendimento das barreiras de execução dos projetos de mobilidade inteligente, de modo que seja identificado como endereçá-los e superá-los. Além disso, seriam interessantes estudos que possibilitariam a criação de um

guia para orientar àqueles que formulam as políticas com ações que tornam o transporte público inteligente.

6. Referências

- A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista and M. Zorzi, "Internet of Things for Smart Cities," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-32, Feb. 2014, doi: 10.1109/JIOT.2014.2306328.
- Ahvenniemi, Hannele & Huovila, Aapo & Pinto-Seppä, I. & Airaksinen, Miimu. (2017). What are the differences between sustainable and smart cities?. *Cities*. 60. 234-245. 10.1016/j.cities.2016.09.009.
- Alavi, Amir & Jiao, Pengcheng & Buttlar, William & Lajnef, Nizar. (2018). Internet of Things-Enabled Smart Cities: State-of-the-Art and Future Trends. *Measurement*. 129. 10.1016/j.measurement.2018.07.067.
- Albino, V., Berardi, U., Dangelico, R.M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22:1, 3-21, DOI: 10.1080/10630732.2014.942092
- Angelidou, Margarita. (2014). Smart city policies: A spatial approach. *Cities*. 41. S3-S11. 10.1016/j.cities.2014.06.007.
- Baccarelli, Enzo & Vinueza Naranjo, Paola & Shojafar, Mohammad & Scarpiniti, Michele & Abawajy, Jemal. (2017). Fog of Everything: Energy-Efficient Networked Computing Architectures, Research Challenges, and a Case Study. *IEEE Access*. PP. 2169-3536. 10.1109/ACCESS.2017.2702013.
- Barone, Rosamaria & Giuffrè, Tullio & Siniscalchi, Marco & Morgano, Maria & Tesoriere, Giovanni. (2013). Architecture for parking management in smart cities. *Institution of Engineering and Technology*. 8. 10.1049/iet-its.2013.0045.
- Batty, M., Axhausen, K.W., Giannotti, F. et al. Smart cities of the future. *Eur. Phys. J. Spec. Top.* 214, 481–518 (2012). <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Belanche, Daniel & Casaló Ariño, Luis & Orús, Carlos. (2016). City attachment and use of urban services: Benefits for smart cities. *Cities*. 50. 75-81. 10.1016/j.cities.2015.08.016.
- Benevolo, Clara & Dameri, Renata & D'Auria, Beatrice. (2016). Smart Mobility in Smart City. Action taxonomy, ICT intensity and public benefits. 10.1007/978-3-319-23784-8_2.
- Bibri, Simon & Krogstie, John. (2017). Smart Sustainable Cities of the Future: An Extensive Interdisciplinary Literature Review. *Sustainable Cities and Society*. 31. 10.1016/j.scs.2017.02.016.
- Botta, Alessio & Donato, Walter & Persico, Valerio & Pescapè, Antonio. (2015). Integration of Cloud computing and Internet of Things: A survey. *Future Generation Computer Systems*. 56. 10.1016/j.future.2015.09.021.
- Caragliu, A., BO, D. C., & Nijkamp, P. (2011). Smart cities in Europe. *Journal of urban technology*, 18(2), 65-82.
- Cardoso, C., C.E.P. (2008). Análise do transporte coletivo urbano sob a ótica dos riscos e carências sociais. Tese de Doutorado, Pontifícia Universidade Católica (PUC). São Paulo, SP, Brasil.
- Debnath, Ashim & Chin, Hoong & Haque, Md. Mazharul & Yuen, Belinda. (2014). A methodological framework for benchmarking smart transport cities. *Cities*. 37. 47–56. 10.1016/j.cities.2013.11.004.
- Devillaine, Flavio & Munizaga, Marcela & Trépanier, Martin. (2012). Detection of Activities of Public Transport Users by Analyzing Smart Card Data. *Transportation Research Record*. 2276. 48-55. 10.3141/2276-06.
- Djahel, Soufiene & Doolan, Ronan & Muntean, Gabriel-Miro & Murphy, John. (2015). A Communications-Oriented Perspective on Traffic Management Systems for Smart Cities:

Challenges and Innovative Approaches. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 17.10.1109/COMST.2014.2339817.

Dobre, Ciprian & Xhafa, Fatos. (2014). Intelligent services for Big Data science. *Future Generation Computer Systems*. 37. 267–281. 10.1016/j.future.2013.07.014.

Ejaz, Waleed & Muhammad, Naeem & Shahid, Adnan & Jo, Minho. (2016). Efficient Energy Management for Internet of Things in Smart Cities. *IEEE Communications Magazine*. 55. 10.1109/MCOM.2017.1600218CM.

Hancke, Gerhard & Silva, Bruno. (2012). The Role of Advanced Sensing in Smart Cities. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 13. 393-425. 10.3390/s130100393.

Harrison, Colin & Eckman, Barbara & Hamilton, R. & Hartswick, P. & Kalagnanam, Jayant & Paraszczak, J. & Williams, R.. (2010). Foundations for Smarter Cities. *IBM Journal of Research and Development*. 54. 1 - 16. 10.1147/JRD.2010.2048257.

Hasan, Samiul & Schneider, Christian & Ukkusuri, Satish & Gonzalez, Marta C.. (2012). Spatiotemporal Patterns of Urban Human Mobility. *Journal of Statistical Physics*. 151. 1-15. 10.1007/s10955-012-0645-0.

Hashem, Ibrahim & Chang, Victor & Anuar, Nor & S., Adewole & Yaqoob, Ibrar & Gani, Abdullah & Ahmed, Ejaz & Chiroma, Haruna. (2016). The Role of Big Data in Smart City. *International Journal of Information Management*. 36. 10.1016/j.ijinfomgt.2016.05.002.

Hashem, Ibrahim & Yaqoob, Ibrar & Mehmood, Yasir & Gani, Abdullah & Mokhtar, Salimah & Guizani, Sghaier. (2017). Enabling Communication Technologies for Smart Cities. *IEEE Communications Magazine*. 55. 10.1109/MCOM.2017.1600232CM.

Ismagilova, Elvira & Hughes, Laurie & Dwivedi, Yogesh & Raman, K.. (2019). Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International Journal of Information Management*. 47. 88-100. 10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.004.

Jalonen, H. (2012). The uncertainty of innovation: a systematic review of the literature. *Journal of Management Reserch*, 4(1), 1-47.

Jäppinen, Sakari & Toivonen, Tuuli & Salonen, Maria. (2013). Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach. *Applied Geography*. 43. 13-24. 10.1016/j.apgeog.2013.05.010.

Ji, Zhanlin & Ganchev, Ivan & O'Droma, Mairtin & Zhao, Li & Zhang, Xueji. (2014). A Cloud-Based Car Parking Middleware for IoT-Based Smart Cities: Design and Implementation. *Sensors (Basel, Switzerland)*. 14. 22372-93. 10.3390/s14122372.

Jin, Jiong & Gubbi, Jayavardhana & Marusic, Slaven & Palaniswami, Marimuthu. (2014). An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things. *Internet of Things Journal, IEEE*. 1. 112-121. 10.1109/JIOT.2013.2296516.

K. Mori, and A. Christodoulou, “Review of Sustainability Indices and Indicators: Towards a New City Sustainability Index (CSI),” *Environmental Impact Assessment Review* 32: 1 (2012) 94–106. doi: 10.1016/j.eiar.2011.06.001 [Crossref], [Web of Science ®], [Google Scholar]

Kitchenham, B. (2007, 2.3). Guidelines for performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering (EBSE Technical Report/2007), Inglaterra, Reino Unido, Software Engineering Group School of Computer Science and Mathematics Keele University, Department of Computer Science University of Durham.

L. Atzori, A. Iera, and G. Morabito, The internet of things: A survey, *Comput. Netw.*, vol. 54, no. 15, pp. 2787–2805, 2010.

Li, Xiong & Niu, Jianwei & Kumari, Saru & Wu, Fan & Choo, Kim-Kwang Raymond. (2017). A robust biometrics based three-factor authentication scheme for Global Mobility Networks in smart city. *Future Generation Computer Systems*. 83. 10.1016/j.future.2017.04.012.

Liang, Zhou & Wu, Dan & Song, Qi & Dong, Zhenjiang. (2017). Greening the Smart Cities: Energy-Efficient Massive Content Delivery via D2D Communications. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. PP. 1-1. 10.1109/TII.2017.2784100.

M. O'Grady, and G. O'Hare, "How Smart Is Your City?" *Science* 335: 3 (2012) 1581–1582.

M.L. Marsal-Llacuna, J. Colomer-Llina's, and J. Meléndez-Frigola, "Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative, Technological Forecasting and Social Change" (2014).

Mehmood, Yasir & Ahmad, Farhan & Yaqoob, Ibrar & Adnane, Asma & Imran, Muhammad & Guizani, Sghaier. (2017). Internet-of-Things Based Smart Cities: Recent Advances and Challenges. *IEEE Communications Magazine*. 55. 10.1109/MCOM.2017.1600514.

Meijer, Albert & Rodríguez Bolívar, Manuel Pedro. (2015). Governing the smart city: a review of the literature on smart urban governance. *International Review of Administrative Sciences*. 82. 10.1177/0020852314564308.

Menouar, Hamid & Guvenc, Ismail & Akkaya, Kemal & Uluagac, Selcuk & Kadri, Abdullah & Tuncer, Adem. (2017). UAV-Enabled Intelligent Transportation Systems for the Smart City: Applications and Challenges. *IEEE Communications Magazine*. 55. 22-28. 10.1109/MCOM.2017.1600238CM.

Naphade, Milind & Banavar, Guruduth & Harrison, Colin & Paraszczak, Jurij & Morris, Robert. (2011). Smarter Cities and Their Innovation Challenges. *IEEE Computer*. 44. 32-39. 10.1109/MC.2011.187.

Neirotti, Paolo & De Marco, Alberto & Cagliano, Anna Corinna & Mangano, Giulio & Scorrano, Francesco. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. *Cities*. 38. 25–36. 10.1016/j.cities.2013.12.010.

ONU (2019). ONU prevê que cidades abriguem 70% da população mundial até 2050. Recuperado em 16 de abril de 2021, de <https://news.un.org/pt/story/2019/02/1660701>.

P. Lombardi, S. Giordano, H. Farouh, and W. Yousef, "Modelling the Smart City Performance," *Innovation: The European Journal of Social Science Research* 25: 2 (2012) 137–149.

Pan, Gang & Qi, Guande & Zhang, Wangsheng & Li, Shijian & Wu, Z. & Yang, Laurence. (2013). Trace Analysis and Mining for Smart Cities: Issues, Methods, and Applications. *Communications Magazine, IEEE*. 51. 120-126. 10.1109/MCOM.2013.6525604.

Perera, Charith & Zaslavsky, Arkady & Christen, Peter & Georgakopoulos, Dimitrios. (2014). Sensing as a Service Model for Smart Cities Supported by Internet of Things. *European Transactions on Telecommunications*. 10.1002/ett.2704.

Piro, Giuseppe & Cianci, Ilaria & Grieco, Luigi & Boggia, Gennaro & Camarda, Pietro. (2013). Information centric services in Smart Cities. *Journal of Systems and Software*. 88. 10.1016/j.jss.2013.10.029.

Rathore, Muhammad Mazhar & Ahmad, Awais & Paul, Anand & Rho, Suengmin. (2016). Urban Planning and Building Smart Cities based on the Internet of Things using Big Data Analytics. *Computer Networks*. 101. 10.1016/j.comnet.2015.12.023.

S. Alawadhi, A. Aldama-Nalda, H. Chourabi, J.R. Gil-Garcia, S. Leung, S. Mellouli, T. Nam, T.A. Pardo, H.J. Scholl, S. Walker, "Building Understanding of Smart City Initiatives," *Lecture Notes in Computer Science* 7443 (2012) 40–53.

Silva, Bhagya & Khan, Murad & Han, Kijun. (2018). Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*. 38. 10.1016/j.scs.2018.01.053.

Sun, Lijun & Axhausen, Kay. (2016). Understanding urban mobility patterns with a probabilistic tensor factorization framework. *Transportation Research Part B Methodological*. 91. 511-524. 10.1016/j.trb.2016.06.011.

T. Bakıcı, E. Almirall, and J. Wareham, "A Smart City Initiative: The Case of Barcelona," *Journal of the Knowledge Economy* 2: 1 (2012) 1–14.

- T. Nam, and T.A. Pardo, "Conceptualizing Smart City with Dimensions of Technology, People, and Institutions," Proc. 12th Conference on Digital Government Research, College Park, MD, June 12–15, 2011.
- Vanolo, Alberto. (2013). Smartmentality: The Smart City as Disciplinary Strategy. *Urban Studies*. 51. 883-898. 10.1177/0042098013494427.
- Wolfswinkel, J.F., Furtmueller, E., Wilderom, C.P. (2013). Using grounded theory as a method for rigorously reviewing literature. *Eur. J. Inform Syst.* 22 (1), 45–55.
- Xia, Feng & Ullah, Noor & Kong, Xiangjie & Hu, Xiping. (2017). Vehicular Social Networks: Enabling Smart Mobility. *IEEE Communications Magazine*. 55. 49-55. 10.1109/MCOM.2017.1600263.
- Xiong, Zhang & Sheng, Hao & Rong, Wenge & Cooper, Dave. (2012). Intelligent transportation systems for smart cities: A progress review. *Science China Information Sciences*. 55. 10.1007/s11432-012-4725-1.
- Yamagata, Yoshiki & Seya, Hajime. (2013). Simulating a future smart city: An integrated land use-energy model. *Applied Energy*. 112. 10.1016/j.apenergy.2013.01.061.
- Zhong, Chen & Huang, Xianfeng & Arisona, Stefan & Schmitt, Gerhard & Batty, Michael. (2014). Inferring building functions from a probabilistic model using public transportation data. *Computers Environment and Urban Systems*. 48. 124 - 137. 10.1016/j.compenvurbsys.2014.07.004.