

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO**

JOICILENE MELO MIRANDA

**UM ESTUDO SOBRE TECNOLOGIAS PARA CIDADES
INTELIGENTES E INTERNET DAS COISAS**

Itacoatiara – Amazonas
Novembro – 2020

JOICILENE MELO MIRANDA

**UM ESTUDO SOBRE TECNOLOGIAS PARA CIDADES
INTELIGENTES E INTERNET DAS COISAS**

Projeto da Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientadora: Profa. Dra. Odette Mestrinho Passos

Itacoatiara – Amazonas
Novembro – 2020

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

M672e Miranda, Joicilene Melo
Um estudo sobre tecnologias para cidades inteligentes e internet das coisas / Joicilene Melo Miranda . 2020
32 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Odette Mestrinho Passos
TCC de Graduação (Sistemas de Informação) - Universidade Federal do Amazonas.

1. Cidades Inteligentes . 2. Internet das Coisas. 3. Tecnologias. 4. Tecnologia da Informação e Comunicação. I. Passos, Odette Mestrinho. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título



Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Coordenação do Curso de Sistema de Informação - ICET

FOLHA DE APROVAÇÃO

JOICILENE MELO MIRANDA

UM ESTUDO SOBRE TECNOLOGIAS PARA CIDADES INTELIGENTES E INTERNET DAS COISAS

Monografia apresentada ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Aprovada em 25 de Novembro de 2020

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Odette Mestrinho Passos, Presidente
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Me. Christophe Saint-Christie de Lima Xavier, Membro
Universidade Federal do Amazonas

Prof. Me. Adriano Honorato de Souza, Membro
Instituto Federal do Amazonas

Folha de Aprovação assinada pela Profa. Odette Mestrinho Passos, responsável pela disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso (Período: 2020/ERE), onde atesta a defesa do(a) aluno(a) e a presença dos membros da banca examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Odette Mestrinho Passos, Professor do Magistério Superior**, em 04/12/2020, às 17:18, conforme horário oficial de Manaus, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufam.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0378228** e o código CRC **CC76AD1D**.

Rua Nossa Senhora do Rosário - Bairro Tiradentes nº 3836 - Telefone: (92) (92) 99318-2549
CEP 69103-128 Itacoatiara/AM - ccsiicet@ufam.edu.br

Referência: Processo nº 23105.040684/2020-61

SEI nº 0378228

À Deus e a minha família!

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que me guiou todos os dias com muita sabedoria para que eu chegasse até aqui. Obrigada, por ouvir todas as minhas orações e nunca me abandonar. Tu sempre sabes o que é melhor para mim e, que a Tua vontade seja sempre feita.

Aos meus pais, Luís Carlos e Carla Ilce, pelas constantes orações e palavras de incentivo. Vocês me ensinaram a ser uma pessoa forte diante a todas as adversidades e me guiaram para que eu nunca desistisse dos meus sonhos. Vocês são minhas maiores inspirações. Aos meus irmãos, Fabrício, Nayme, Ana e Dêmis, agradeço por sempre estarem ao meu lado, me dando todo apoio e carinho. Minha família é meu alicerce.

À minha orientadora, Odette, que me instruiu com muito zelo e dedicação para desenvolver este trabalho. Sua orientação foi essencial, para que tudo isso se torna-se realidade.

Aos meus amigos, Sabrina Rocha, Jéssica Farias, Aline Coutinho, Clinton Hudson, Rodrigo Feitosa, Thiago Trindade, Ednilson Albuquerque e Pedro Góes, por todo apoio e companheirismo em todos esses anos. Vocês se tornaram minha família e me proporcionaram momentos incríveis que ficaram guardados na lembrança. Agradeço a Deus pela vida de cada um.

Enfim, agradeço a todos que de algum modo me apoiaram e contribuíram para a realização deste trabalho.

“Esforça-te, e tem bom ânimo; não temas, nem te espantes; porque o Senhor teu Deus é contigo, por onde quer que andares.”

Josué 1:9

Um Estudo sobre Tecnologias para Cidades Inteligentes e Internet das Coisas

Joicilene Melo Miranda¹ e Odette Mestrinho Passos¹

¹Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia (ICET). Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Caixa Postal 69103-128 – Itacoatiara – AM – Brasil

joice.m.miranda@gmail.com, odette@ufam.edu.br

Resumo. *O conceito de Cidades Inteligentes está cada vez mais, relacionado ao emprego eficiente de Tecnologias de Informação e Comunicação e do uso dos recursos da internet como uma ferramenta para melhorar a infraestrutura e serviços da cidade, conseqüentemente trazendo melhor qualidade de vida. Nesse sentido o objetivo deste trabalho é relacionar as tecnologias no contexto de Cidades Inteligentes que faz uso da Internet das Coisas, descrevendo as dificuldades e benefícios de sua implementação. A metodologia de pesquisa adotada neste trabalho está fundamentada nos princípios da Engenharia de Software Experimental que se baseia na condução de um estudo secundário: o Mapeamento Sistemático. Como resultado, foram identificadas na literatura 13 tecnologias, como o Big Data e Computação em Nuvem. Como benefícios podemos citar redução de consumo de energia e monitoramento das emissões de CO₂, e como dificuldade a disponibilidade de internet em qualquer lugar da cidade.*

1. Introdução

Atualmente, as cidades vêm enfrentando diversos problemas ligados à segurança pública, saúde, educação, transporte e serviços, e entre outros. O processo de desenvolvimento de uma cidade torna-se dificultoso, pois, todos os dias são necessários enfrentar desafios que sempre estão impedindo o seu crescimento (SILVA e ALVARO, 2012).

Com o avanço das novas tecnologias, as cidades vêm buscando soluções inteligentes e rápidas por meio da Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC). Essas soluções tecnológicas apresentam-se em sua maioria por meio de sensores em diversos componentes nas infraestruturas das cidades como: estradas, ferrovias, portos, barragens, etc (SILVA e ALVARO, 2012).

Neste contexto, surgiu o conceito de Cidades Inteligentes (CI), que segundo Pinto e Valente (2014), podem ser definidas como um ambiente que promove inovação através das TIC's dentro de um mesmo local. A principal característica das CI é a capacidade de responder de forma ágil as situações adversas, tendo como principal objetivo a melhoria da qualidade de vida de seus habitantes, a partir da utilização da infraestrutura de redes para o aperfeiçoamento econômico e político, permitindo o desenvolvimento social, cultural e urbano (NETO e GIMENEZ, 2018).

Segundo Almeida (2015), a Internet das Coisas (IoT, em inglês *Internet of Things*) IoT trata-se de integração de objetos físicos e virtuais conectadas à internet, permitindo que coisas possam coletar, trocar e armazenar uma quantidade imensurável de dados numa nuvem e uma vez que são processadas e analisadas, geram informações e serviços em escala inimaginável.

Neste contexto, o conceito de CI juntamente com o de IoT pode ser adaptado para solucionar problemas de diversas áreas, por meio de objetos interligados que adquirem informações e dados que irão facilitar a tomada de decisão, e garantir a qualidade de vida da população de forma inteligente, como por exemplo: (i) Segurança Pública, (ii) Recursos Naturais, Iluminação Pública e Gestão da Água, (iii) Meio Ambiente, (iv) Saúde Pública, (v) Gestão de Resíduos, (vi) Trânsito e (vii) Rede Elétrica (WEISS, BERNARDES e CONSONI, 2015).

De forma integrada, tem-se experiências de CI em construção como Songdo, na Coreia do Sul, onde tudo está conectado à Internet e até garrafas pet terão sensores para identificar se os moradores jogam o lixo no cesto de reciclagem correto, e Masdar, em Abu Dhabi, nos Emirados Árabes, onde painéis de energia solar irão armazenar e gerar eletricidade para toda a cidade, além da implantação de ônibus e carros elétricos. No Brasil, podemos citar em Porto Alegre, no Rio de Janeiro, com o desenvolvimento de sistemas para prever possíveis desastres naturais e em Belo Horizonte, com o monitoramento da iluminação pública, por meio de sensores que analisam a sua vida útil (LEMOS, 2013).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é relacionar as tecnologias no contexto de CI que faz uso da Internet das Coisas, descrevendo as dificuldades e benefícios de sua implementação, para auxiliar nas diversas áreas de gestão de cidades de forma a melhorar a qualidade de vida da população.

A metodologia adotada para este projeto será o Mapeamento Sistemático, que fornece uma visão geral de uma área de pesquisa, identificando a quantidade, os tipos de pesquisas realizadas, os resultados disponíveis, além das frequências de publicações ao longo do tempo para identificar tendências (PETERSEN et al., 2008). Kitchenham e Charters (2007), afirmam que estudos desse tipo têm sido recomendados, sobretudo para áreas de pesquisa onde é difícil visualizar a gama de materiais, relevantes e de alta qualidade, que possam estar disponíveis.

Como resultado, foram identificadas na literatura 13 tecnologias, como o *Big Data*, Computação em Nuvem e *Machine Learning*. Como benefícios podemos citar redução de consumo de energia e redução das taxas de criminalidade e, como dificuldade a disponibilidade de internet em qualquer lugar da cidade. Com relação as áreas/setores, as tecnologias identificadas estão direcionadas mais para as Multiáreas, Iluminação pública e Sala de Aula Inteligente.

Espera-se, que com os resultados do trabalho, propiciar conhecimento de tecnologias aplicadas a CI, tanto ao poder público, para reconhecer problemas em tempo real, quanto ao cidadão para auxiliar a mapear, discutir e enfrentar dificuldades. O conhecimento pode gerar ações políticas e soluções criativas se moradores forem informados - de forma detalhada e sistemática - sobre índices de poluição, níveis de ruído e problemas de trânsito ou de segurança pública de sua região, por exemplo.

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira. A Seção 2 apresenta alguns conceitos básicos e discute os trabalhos relacionados. A Seção 3 apresenta o método de pesquisa utilizado enquanto a Seção 4 mostra os resultados e as discussões. A Seção 5 apresenta as conclusões e os trabalhos futuros.

2. Referencial Teórico

2.1. Conceitos Relacionados

2.1.1 Tecnologias da Informação e Comunicação

Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) foi uma sigla inicialmente utilizada no Reino Unido, a partir de uma proposta de currículo escolar criada no fim dos anos 90. A expressão compreende a todo e qualquer tipo de tecnologia que trate informação e auxilie na comunicação, utilizando o hardware, software, rede ou telemóveis em geral (ALMEIDA, 2019).

As TICs compõem-se por todo o conjunto de tecnologias e equipamentos que estão interligados entre si que permitem trabalhar e comunicar informação, envolvendo os computadores e os respectivos aplicativos, a Internet e as telecomunicações. As TICs são utilizadas em diversos setores de atividades, principalmente na automação industrial, nos processos administrativos, no apoio a atividades comerciais, nas transações financeiras, na educação, na saúde, na investigação científica, dentre outros (NUNES, 2016).

De acordo com Weiss (2016), as TICs se constituem como uma ferramenta para propiciar facilidades que promovam um ambiente de vida mais adequado para os cidadãos, em todos os aspectos, possibilitar o posicionamento competitivo das cidades e auxiliar na construção de um futuro urbano sustentável.

2.1.2 Internet das Coisas (IoT)

Os dias atuais são caracterizados por profundas e constantes transformações, onde é notável a crescente evolução tecnológica que faz parte do nosso dia a dia, deixando à disposição dos usuários as diversas tecnologias inovadoras físicas e virtuais que se comunicam, ou que de algum modo estão conectadas, garantindo não só a comodidade como também o aperfeiçoamento em diversas áreas industriais e profissionais, dando origem ao conceito de IoT (OLIVEIRA e SILVA, 2017).

A IoT é caracterizada como uma nova revolução tecnológica, dentro do cenário inovador da Internet, representando não só o futuro da computação e da comunicação, como também um aspecto inovador que causa um grande impacto no comportamento da sociedade. O desenvolvimento dessas tecnologias está ligado diretamente com a constante inovação técnica e tecnológica como a nanotecnologia, assim também como evolução na área da comunicação (FREITAS, 2017).

A IoT possibilita que os objetos do nosso cotidiano, que possuem capacidade computacional e de comunicação sejam conectados à Internet. Essa conexão permite o controle remoto dos objetos e o acesso, como provedores de serviços, tornando-os objetos inteligentes ou *smart objects*. Estes objetos possuem a capacidade de comunicação e processamentos aliados a sensores (MANCINI, 2018).

Para Souza (2016), a característica principal do termo IoT é a presença de um conjunto de objetos, sensores, e equipamentos eletrônicos e comunicação, com capacidade de interação entre si por meio de uma rede (como a Internet) com um objetivo de colaboração. Desta forma, espera-se que a Internet, que hoje conecta pessoas entre si, conecte também pessoas a objetos e objetos a outros objetos.

A IoT pode ser simplesmente apresentada como uma conexão entre seres humanos, computadores e coisas. Todos os objetos utilizados em nosso cotidiano podem ser controlados e monitorados através da IoT (SURESH et al., 2014).

Para Miorandi et al. (2012) a IoT fundamenta-se em três pilares que estão relacionados à capacidade dos objetos inteligentes de: (i) serem identificáveis (toda coisa se identifica), (ii) se comunicar (toda coisa se comunica) e (iii) interagir (qualquer coisa interaja) entre si, compondo uma rede de objetos interligados ou com usuários finais ou até mesmo outras entidades na rede.

A IoT tem a capacidade de possibilitar uma grande quantidade de benefícios para a sociedade, como técnicos, sociais, econômicos e ambientais. É notável os efeitos significativos nas áreas de meio ambiente, saúde, comunicação, segurança, bem-estar e urbanismo. As aplicações são todas quantas se pode imaginar ao conectar objetos com informações, computabilidade e ação dinâmica (LACERDA, 2015).

2.1.3 Cidades Inteligentes

As cidades são sistemas complexos que concentram um conjunto vasto de infraestruturas e serviços que consomem uma grande massa de recursos e energia, abrangendo também um alto impacto econômico, ambiental, e de qualidade de vida (DAMIANI, MACHADO e GASPARINI, 2019).

Com o aumento da população e urbanização desordenada, tem-se tornado cada vez mais difícil para o poder público administrar e agir diante a casos emergenciais. Portanto, é fundamental procurar soluções para problemas como acúmulo de detritos, mobilidade precária urbana, poluição do ar e da água e o aumento da criminalidade (CASTRO, 2018).

Conforme Nansen (2017), as CI são justamente aquelas que fazem uso dos avanços tecnológicos para mitigar estes gargalos e aprimorar sua infraestrutura, tornando-se mais eficientes. Os investimentos em todo mundo voltam-se para cinco áreas principais: meio ambiente, mobilidade urbana, qualidade de vida, economia e interação entre governos e cidadãos.

A expressão CI, ou *Smart Cities*, como é comumente conhecida, está diretamente relacionada com a inovação do processo de planejamento e gestão de cidades. A necessidade de desburocratizar os serviços públicos para se tornarem mais acessíveis às diferentes camadas sociais, juntamente com a crescente evolução tecnológica da informação e comunicação foram elementos determinantes que exigiram do gestor uma capacidade dinâmica para lidar com os novos padrões em que as cidades estão se organizando (WU e SILVA, 2014).

Para Lacerda (2015), o conceito de CI é amplo: engloba espaços em escala urbana de forma que as infraestruturas e serviços sejam instrumentalizados por meio da tecnologia em suas diversas funções – saúde, transporte, indústria, logística, habilitação. Nesses âmbitos, as novas tecnologias cooperam com as estruturas do mundo analógico com o propósito de aumentar o potencial de satisfação das necessidades humanas, a partir de princípios de desenvolvimento sustentável e qualidade de vida.

Para Camargo (2015), CI significa cidade resiliente e sustentável, ou seja, possui a flexibilidade e capacidade de adaptação, isto é, está preparado para dar respostas rápidas e eficientes às ameaças externas tais como: mudanças climáticas, desastres, chuvas intensas, furacões, ou, facilmente atender aos elementos básicos de segurança alimentar ou de qualquer outra espécie.

Depiné (2016) afirma que CI são ecossistemas urbanos inovadores que fazem a utilização generalizada de TICs na administração de recursos. Trata-se de um modelo onde a conectividade é a principal fonte de desenvolvimento que utiliza a infraestrutura de rede para a melhor eficiência econômica e política permitindo assim, o desenvolvimento social, cultural e urbano.

Almeida (2019) considera que as TICs são grandes responsáveis pelo progresso das CI. Isso resulta na criação de inúmeras tecnologias que auxiliam o desenvolvimento de novos projetos, oferecendo como consequência, proveitos e melhorias na qualidade de vida de quem as utiliza, sejam sensores de temperatura, pressão, iluminação, sensores de presença, umidade, som, etc.

2.1.4 Tendências e Desafios Relacionadas as Cidades Inteligentes

Para Telium (2018), um dos principais empecilhos para a implantação das CI é a falta de conectividade, o que dificulta que se usem dispositivos autônomos baseados em IoT para determinadas aplicações no espaço público. O grande problema para se implantar as CI é a ausência das redes utilizadas hoje na maioria dos espaços públicos, sendo ainda focadas em comunicação por voz e incapazes de executar o tráfego de dados.

Santos e Coêlho (2018) apontam alguns desafios que se apresentam para que as iniciativas de CI logrem o máximo de sucesso:

- A. Mobilidade Urbana:** Um dos problemas mais graves enfrentados pelas cidades do mundo, principalmente nas grandes metrópoles. A mobilidade urbana tornou-se um dos maiores desafios a ser enfrentado pelos gestores e pela população em geral. Segundo o relatório do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) e Agência Nacional de Transportes Terrestres-ANTT, executado em 10 cidades, apontou que apenas os impactos diretamente ligados aos congestionamentos urbanos compreendem grande parte dos problemas das cidades. O estudo revela que, além do tempo gasto pelas pessoas nos deslocamentos, há um gasto de combustível em torno de 147 milhões de reais por ano. O desperdício desse combustível gera a emissão de poluentes cujos reflexos nos sistemas de saúde atingem em torno de 40 milhões de reais por ano. As empresas também precisam enfrentar o impacto disso em seus processos, e isso custa um aumento de 194 milhões de reais por ano em custos operacionais. Além disso, as prefeituras são forçadas a aumentar as frotas de ônibus e o valor das tarifas, a uma taxa de 200 milhões de reais por ano.
- B. Meio Ambiente:** Outro problema que mais cresce, porém, em sua maioria acontece de forma silenciosa, devido ser geralmente influenciado por outros fatores. Os autores salientam que alguns desafios logísticos se mostram muito resistentes como, por exemplo, os “lixões” que deveriam ter sido dissipados desde 2014, conforme a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei 12.305/2010). Entretanto, a matéria publicada no Portal *Organic News* Brasil, relatou que cerca de 41% dos municípios brasileiros ainda alocam os resíduos municipais para estes locais.

- C. Integração de Serviços:** A disponibilidade de serviços públicos e privados aos habitantes é um desafio constante das cidades desde sempre, pois, estes serviços têm grandes custos financeiros que afetam tanto as contas públicas quanto as finanças pessoais dos cidadãos. Para os autores, a integração destes serviços, potencializa o uso deles por parte dos habitantes, aumentando a acessibilidade e, por parte da economia de escala, diminui seus custos. Além do mais, um âmbito de serviços integrados é benéfico do ponto de vista estratégico, pois, fornece suporte ao processo de tomada de decisão por parte do poder público.
- D. Participação da População nas Decisões:** Um desafio transversal, e por esta razão o mais crucial de todos, é a participação das pessoas nos processos de tomada de decisão das cidades. Quanto mais isto puder ser difundido, mais eficazes tendem a serem os resultados das políticas empregadas, e maior será a conscientização, por parte dos habitantes, dos problemas e da jornada das soluções de sua cidade.

Segundo Nakasone e Pinz (2015), um dos principais desafios para o progresso das CI, no momento, é a vontade de algumas parcelas da sociedade permanecer no estado atual. Seja por comodismo ou mesmo o medo de perder poder (político, econômico, social), muitos representantes do setor privado e público que prestam serviços públicos, continuam resistentes à integração e ao compartilhamento de informações essenciais para a criação básica das *Smart Cities*.

2.2. Trabalhos Relacionados

Os trabalhos seguintes apresentam propostas com resultados expressivos que estão associados com o tema deste trabalho, como os de: Tomas (2014), Pinto (2017) e João, Souza e Serralvo (2018).

2.2.1 Tomas (2014)

O trabalho de Tomas (2014) teve como principal objetivo especificar, projetar e implementar uma Arquitetura de Software (AS) para CI que permita o desenvolvimento de soluções com base em IoT, independentemente das especificações de cada tecnologia e características físicas das cidades. Além disto, o trabalho visa promover uma implementação de referência desta AS.

Para alcançar os objetivos do trabalho, Tomas (2014) realizou um estudo das AS's para CI tanto na academia quanto na indústria, por meio de dois métodos de revisão literária: Revisão Exploratória e Revisão Sistemática. Esse estudo teve como finalidade identificar as técnicas empregadas nestas soluções e se existia a necessidade da criação de um novo padrão arquitetural para este contexto.

Sendo assim, Tomas (2014) apresenta a especificação, o projeto e avaliação de uma AS para CI que permite a integração com IoT. Este trabalho busca identificar as tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT.

2.1.2 Pinto (2017)

O trabalho de Pinto (2017) teve como objetivo refletir sobre como a IoT, no contexto de estacionamentos inteligentes em vias públicas, poderá impactar o cenário da mobilidade urbana, especificamente para as pessoas que vivem em Niterói, através de um modelo de interconectividade de dispositivos implementados em CI.

Visando alcançar seus objetivos, Pinto (2017) desenvolveu seu trabalho na forma de uma revisão bibliográfica, definindo o assunto de interesse, pesquisando na literatura apropriada, resumindo o conteúdo literário e consubstanciando o documento com os resultados.

Através do seu estudo, Pinto (2017) concluiu que, os serviços inteligentes estão sendo, cada vez mais, considerados como meios estratégicos para enfrentar os desafios globais emergentes, tais como as alterações climáticas, a poluição, o envelhecimento da população e a escassez de energia. Ao utilizar o estacionamento inteligente em vias públicas, além do poder público se beneficiar com uma maior arrecadação, identificando onde estão às vagas disponíveis e ajustando os preços de acordo com a demanda e em tempo real, também incentiva o uso de transporte público para diminuir o número de veículos nas vias.

O trabalho de Pinto (2017) teve por finalidade discutir os principais desdobramentos da IoT no contexto de CI, tratando problema específico da busca de vagas de estacionamento, em vias públicas. Este trabalho tem como finalidade descrever principais dificuldades e benefícios da implementação no IoT no contexto de CI.

2.1.3 João, Souza e Serralvo (2018)

O objetivo principal do trabalho de João, Souza e Serralvo (2018) é levantar o estado atual da literatura acadêmica sobre CI e IoT e, assim, identificar e analisar sua base de conhecimento utilizando análise bibliométrica e análise quantitativa de conteúdo.

De modo a alcançar seus objetivos os autores buscaram fazer o uso mais sofisticado da metodologia bibliométrica e a da análise quantitativa de conteúdo (mineração de texto) e, desse modo, uma avaliação mais abrangente da literatura.

O trabalho de João, Souza e Serralvo (2018) objetivou analisar a literatura acadêmica atual sobre CI e IoT utilizando análise bibliométrica e análise quantitativa. A investigação do trabalho foi motivada por duas questões de pesquisa: 1) Quais contribuições recentes têm impulsionado a agenda de pesquisa para CI e IoT? e 2) Quais tópicos emergentes na literatura são suscetíveis de definir o cenário para futuros trabalhos. Este trabalho tem por objetivo associar as tecnologias no cenário de CI que faz uso da IoT, buscando respostas para as seguintes questões de pesquisa: 1) Quais tecnologias relacionadas à CI, que uso do paradigma IoT?, 2) Quais os benefícios do uso das tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT?, 3) Quais as dificuldades do uso das tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT? e 4) Quais as áreas/setores que mais utilizam as tecnologias relacionadas à CI?

3. Mapeamento Sistemático

3.1 Planejamento do Mapeamento Sistemático

Nesta etapa os objetivos da pesquisa são listados e o protocolo do mapeamento é definido, objetivando construir um esquema que conduza as pesquisas, de maneira que o propósito da pesquisa seja alcançado.

Objetivo e Questão de Pesquisa

O objetivo do MS é relacionar as tecnologias no contexto de CI que faz uso da Internet das Coisas, descrevendo as dificuldades e benefícios de sua implementação. Sendo assim, este MS irá buscar respostas para as seguintes questões de pesquisa (QP):

- **QP1:** Quais as tecnologias relacionadas à CI que fazem uso do paradigma IoT?

- **QP2:** Quais os benefícios do uso das tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT?
- **QP3:** Quais as dificuldades do uso das tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT?
- **QP4:** Quais as áreas/setores que mais utilizam as tecnologias relacionadas à CI?

Fontes, Idioma e Expressão de Busca

Os locais de buscas para a obtenção de publicações relevantes, a partir da busca manual serão os anais das conferências nacionais apoiadas pela SBC (Sociedade Brasileira de Computação): Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP) e Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC).

Para busca automática será considerada a biblioteca virtual Portal de Periódicos da Capes e o Google Acadêmico onde serão considerados artigos científicos e trabalhos de conclusão de curso (monografia, dissertação e tese). Além destes, outros motores de busca foram selecionados de acordo com sua relevância e com a disponibilidade para realizar downloads dos trabalhos selecionados. A Tabela 1 a seguir lista as fontes de busca na literatura.

Tabela 1. Fontes de busca na literatura

Fontes de Busca	Link
ACM Digital Library	https://dl.acm.org
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/
Scopus	https://www.scopus.com/
EI Compendex	https://www.engineeringvillage.com/

Os idiomas escolhidos foram o Inglês (devido à sua adoção pela maioria das conferências, periódicos e editoras da área de pesquisa) e o Português (para incluir trabalhos técnicos publicados em conferências nacionais). Para a investigação por busca manual e automática:

- Palavras-chave em Português: (“Internet das Coisas” OU “IoT” OU “Aplicações IoT”) E (“Cidades Inteligentes” OU “Desafios para CI” OU “Desafios para Cidades Inteligentes” OU “Tecnologias para CI” OU “Tecnologias para Cidades Inteligentes” OU “Tendências para Cidades Inteligentes”).
- Palavras-chave em Inglês: (“*Internet of Things*” OR “*IoT*” OR “*IoT Applications*”) AND (“*Smart Cities*” OR “*Challenges for Smart Cities*” OR “*Technologies for Smart Cities*” OR “*Trends for Smart Cities*”).

Crítérios de Seleção

Os critérios de seleção das publicações que devem ser aplicados a cada um dos resultados identificados nas buscas, para que não ocorra repetição de publicações. Por fim, deve-se decidir a partir dos critérios definidos, onde primeiramente é realizada uma análise do título, do resumo e as palavras-chave e, posteriormente, a leitura na íntegra, quais publicações devem fazer parte do corpo de conhecimento do MS.

A seleção das publicações irá se limitar à análise de publicações que estão disponíveis até a data da execução deste trabalho. A seleção dos estudos será realizada em três etapas:

- 1) Busca preliminar das publicações coletadas nas fontes definidas;
- 2) Primeiro Filtro de seleção: por meio da análise do título, resumo e palavras-chaves e aplicando o critério de seleção “**CS1**: possuir informações ligadas a CI e IoT”;
- 3) Segundo Filtro de seleção: por meio da leitura na íntegra das publicações e aplicando o critério de seleção “**CS2**: apresentar os benefícios, dificuldades, e as áreas/setores que mais utilizam as tecnologias relacionadas à CI e IoT”.

Extração de Dados

Das publicações relevantes para a pesquisa serão extraídas algumas informações que serão registradas em tabelas, de acordo com os campos abaixo mostrados na Tabela 2:

Tabela 2. Campos de Coleta de dados

A) Dados da Publicação	
Título	Indica o título do trabalho
Autor(es)	Indica o(s) nome(s) do(s) autor(es) do trabalho
Fonte de Publicação	Local de publicação
Ano da Publicação	Ano de publicação
Resumo	Resumo do trabalho
B) Dados Derivados do Objetivo	
Tecnologias Relacionadas à CI	Tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT
Benefícios	Benefícios do uso das tecnologias relacionadas à CI que faz uso do paradigma IoT
Dificuldades	Dificuldades do uso das tecnologias relacionadas à CI que faz uso do paradigma IoT
Áreas/Setores	Áreas/Setores que mais utilizam as tecnologias relacionadas à CI
Desafios	Desafios Relacionadas as CI
C) Dados Adicionais	
Metodologia Adotada	Descrição do método usado na pesquisa para atingir o objetivo
País/Estado dos Autores	Descrição de qual país/estado são os autores
Outros	Outras informações consideradas importantes

3.2 Condução do Mapeamento Sistemático

Após a etapa de planejamento, a expressão de busca foi executada nas fontes definidas no mês de abril de 2020 e as publicações foram selecionadas de acordo com os critérios de seleção estabelecidos durante o protocolo do Mapeamento Sistemático. Publicações duplicadas, inacessíveis ou indisponíveis na Internet foram descartadas. Além disso, foram excluídas as publicações que claramente abordavam outros assuntos não relevantes para a pesquisa.

Foram investigados, por buscas manuais, anais do SBCUP do ano de 2014 até 2019, obtendo 19 publicações. Anais da SBRC do ano de 2017 até o ano de 2019, obtendo 13 publicações e anais do SBSI do ano de 2013 até o ano de 2019, obtendo um total de 9 publicações.

Na busca automática, foram consideradas as bibliotecas virtuais descritas na Seção 3.1, sendo retornados, respectivamente 94 e 100 publicações, no Periódicos da Capes e no Google Acadêmico, sendo que nesta última a busca foi realizada até a décima página. Para as bibliotecas ACM Digital Library, Science Direct, Scopus e EI Compedex, foram reportados, respectivamente 15, 118, 28 e 31 publicações, sendo que deste total 32

publicações eram duplicadas. A biblioteca digital IEEE por estar incluída na EI COMPEDEX, optou-se por não fazer diretamente nessa biblioteca.

A Figura 1(a) apresenta o total das 427 publicações retornadas inicialmente, conforme investigação nos anais de conferência e nas bibliotecas digitais. Após a primeira análise, 171 publicações foram selecionadas pelo critério CS1 (possuir informações ligadas a CI e IoT), conforme apresentado na 1(b). A lista com todos os documentos identificados e demais informações do Mapeamento Sistemático está disponível no endereço: www.infoicet.ufam.edu.br/relatorio/joici_relpicbic.pdf.

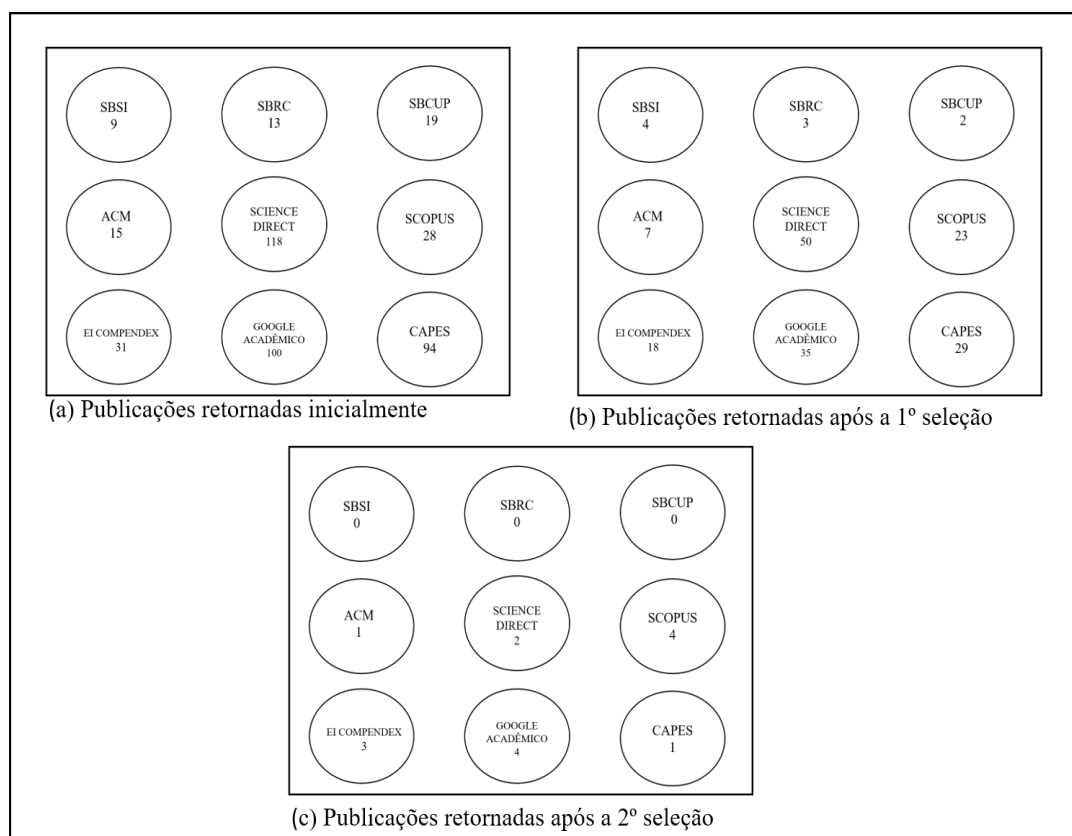


Figura 1. Publicações identificadas por etapa

Do total das publicações que resultaram da primeira seleção, todas foram lidas na íntegra e 15 publicações foram selecionadas por estarem de acordo com o critério CS2 (apresentar os benefícios, dificuldades, e as áreas/setores que mais utilizam as tecnologias relacionadas a CI e IoT), conforme apresentado na Figura 1(c). Destas 15 publicações uma foi descartada por ser publicação duplicada, sendo assim, restaram apenas 14 publicações após a seleção. Para todas as 14 publicações (veja Tabela 3) foram preenchidas as informações nos formulários de coleta de dados, conforme os dados definidos para extração de dados descritos no protocolo do MS. Na Figura 2 pode ser observado a quantidade das publicações selecionados após o 2º filtro de acordo com o seu ano de publicação.

Tabela 3. Publicações selecionadas após o 2º critério de seleção

ID	Título	Autores	Ano	Local de Busca
[P01]	A Holistic Approach for Heating and Ventilation Control in EEBs	A. Kharbouch; M. Bakhouya; A. El Maakoul; D. El Ouadghiri	2019	ACM
[P02]	A Real Time Cloud Based Intelligent Car Parking System for Smart Cities	F. Mohammadi; G. Nazri; M. Saif	2019	Scopus
[P03]	An IoT Based Framework for Smart City Services	P. Sadhukhan	2018	Scopus
[P04]	CityMii - An integration an Interoperable Middleware to Manage a Smart City	J. Cecílio; F. Caldeira; C. Wanzeller	2018	ScienceDirect
[P05]	Efficient Waste Transportation and Recycling - Enabling Technologies for Smart Cities Using the Internet of Things	I. Mahmood; J. Zubairi	2019	Scopus
[P06]	Impact of IoT Technologies on Smart City Infrastructure - Current Applications and Future Potenteial	J. Sujata; C. Abhijit; B. Chanda	2019	Scopus
[P07]	InterSCity - Addressing Future Internet Research Challenges for Smart Cities	D. Batista; A. Goldman; F. Costa; M. Enderl	2016	El Compendex
[P08]	IoT for Environmental Variables in Urban Areas	J. Gómez; F. Marcillo; F. Triana; V. Gallo; B. Oviedo; V. Hernández	2017	ScienceDirect
[P09]	Smart City Architecture and its Applications Based on IoT	A. Gaur; B. Scotney; G. Parr; S. McClean	2015	ScienceDirect
[P10]	AURORA: An Energy Efficient Public Lighting IoT System for Smart Cities	C. Rossi; M. Gaetani; A. Defina; F. Dominic	2016	Capes
[P11]	Sistema para Controle Inteligente de Recursos em Ambiente de IoT	F. Rocha	2019	Google Acadêmico
[P12]	Sistema Inteligente para Controle de Acesso e Monitoramento de Múltiplos Ambientes (<i>Class Control</i>)	V. Pereira; S. Dias; K. Queiroz	2019	Google Acadêmico
[P13]	Sistema IoT de Identificação de Problemas de Infraestrutura Urbana	R. Bernades	2019	Google Acadêmico
[P14]	Gestão Urbana Integrada para Cidades Inteligentes Através da Infraestrutura de Iluminação Pública com a Implantação da Internet das Coisas (IoT)	L. Paredes; A. Souza; W. Fonseca	2019	Google Acadêmico

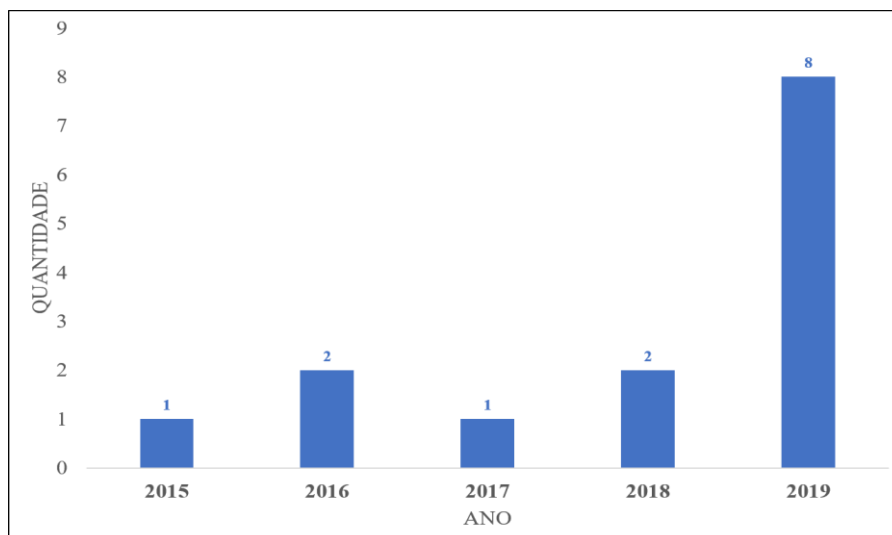


Figura 2. Quantidade de publicações por ano

4. Resultados e Discussões

Com as informações obtidas nas 14 publicações selecionadas, foi possível responder as questões de pesquisa definidas no protocolo. Todas as publicações foram analisadas de forma manual preenchendo as lacunas sugeridas.

- **Com Relação à Primeira Questão de Pesquisa: “Quais as tecnologias relacionadas à CI que fazem uso do paradigma IoT?”**

Na primeira questão de pesquisa foi possível identificar 13 tecnologias, conforme mostra a Figura 3: Algoritmos Heurísticos, *Big Data*, Computação em Névoa, Conectividade Celular, *Global Position System* (GPS), IoT Heterogêneos, *Machine Learning*, *Middleware*, Plataformas de Computação em Nuvem, Regras de Combinação *Dempster-Shafer*, Sensores, Sigfox e *Web Semântica* que estão relacionadas à CI que faz o uso do paradigma IoT. A Tabela 4 mostra como essas tecnologias estão relacionadas com as publicações identificadas na Tabela 3.

Bernardes (2019), cita que a aplicação de soluções IoT dentro do conceito de CI tem chamado atenção, tanto para as administrações governamentais - que podem tornar-se as primeiras a adotar essas tecnologias fazendo com que os processos habituais sejam mais eficientes - quanto para a população que sofre diretamente com as mudanças aplicadas. Nesse sentido, faz-se necessário apresentar as tecnologias existentes que estão relacionadas à CI que faz uso do paradigma IoT.

Segundo João, Souza e Serralvo (2019), a IoT compõe um novo paradigma que combina aspectos de tecnologias de computação, redes de sensores sem fio, protocolos de comunicação na Internet, tecnologias de sensoriamento, comunicação, e dispositivos com tecnologias incorporadas. As CI, no entanto, avançam para um ambiente integrado e inteligente, onde se faz uso da IoT para interconectar, interagir, controlar e fornecer insights sobre os vários sistemas fragmentados dentro das cidades.

Com relação a [T01], os autores Kharbouch et al. (2019) focaram no desenvolvimento de uma nova abordagem que contribuísse no domínio da eficiência e no conforto dos ocupantes em edifícios inteligentes, envolvendo energias renováveis juntamente com o controle inteligente usando as tecnologias IoT e *Big Data*.

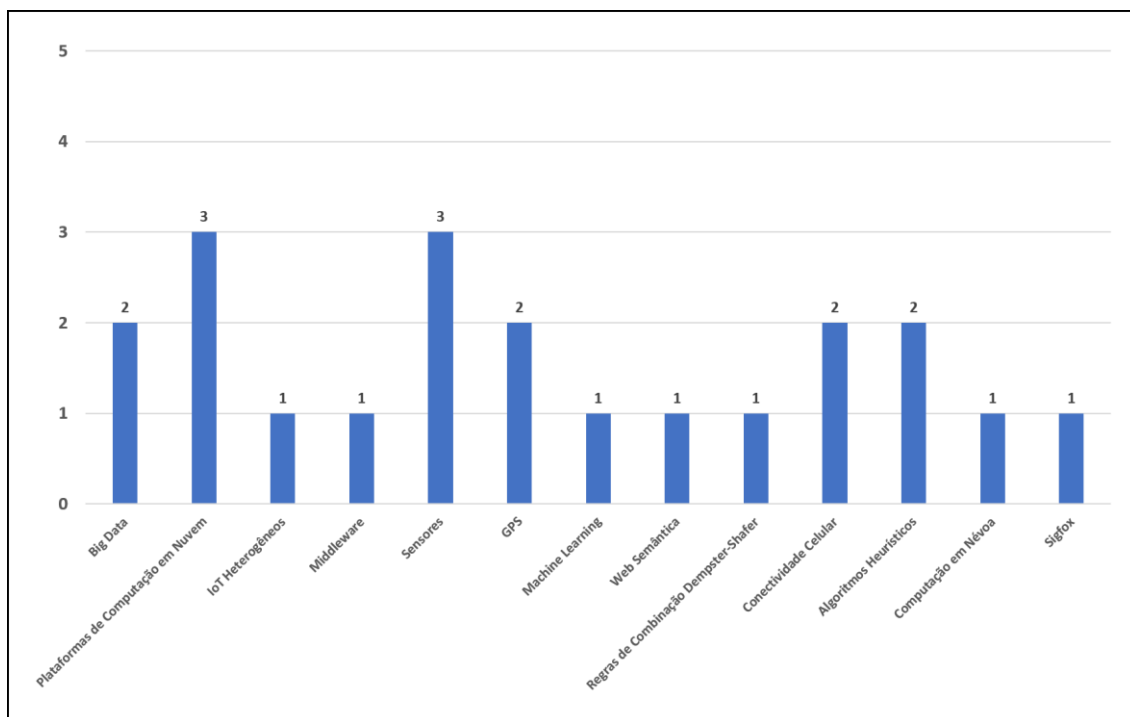


Figura 3. Tecnologias identificadas nas publicações

Tabela 4. Tecnologias extraídas das publicações

Ord.	Título da Ferramenta	Tecnologias
[T01]	Sistema integrado usando o trocador de calor Terra/Ar, juntamente com sistemas HVAC ativos operados e controlados pelas tecnologias IoT e Big Data	Big Data
[T02]	Um sistema de estacionamento inteligente	Plataformas de Computação em Nuvem
[T03]	Uma estrutura baseada em IoT para serviços de Cidades Inteligentes	IoT Heterogêneos
[T04]	CityMii: Middleware para cidades inteligentes	Middleware
[T05]	Uma aplicação do sistema IoT para otimizar o processo de transporte de resíduos em uma área metropolitana	Algoritmos Heurísticos
[T06]	Sistema de caminhão de relé, gerenciamento de resíduos e redução das taxas de criminalidade	GPS e Sensores
[T07]	InterSCity: Um projeto multidisciplinar que visa abordar os principais desafios de pesquisa em cidades inteligentes do ponto de vista da infraestrutura de software	Big Data e Machine Learning
[T08]	Uma arquitetura multiuso baseada na IoT para o monitoramento de variáveis ambientais em áreas urbanas	Sensores e Algoritmos Heurísticos
[T09]	Arquitetura multi-level Smart City	Sensores, Web Semântica e Regras de Combinação Dempster-Shafer
[T10]	Aurora: Uma solução IoT de baixo custo e escalável que otimiza o tempo de comutação das linhas de iluminação pública.	Plataformas de Computação em Nuvem e a Conectividade Celular (2G-4G)
[T11]	<i>Smart Place</i> : Um sistema de gerenciamento de ambientes para o controle automatizado de aparelhos de ar-condicionado	Sensores e Algoritmos Heurísticos
[T12]	<i>Class Control</i> : Uma arquitetura de comunicação para a implementação de um sistema inteligente para controle de acesso e monitoramento de múltiplos ambientes	Computação em Névoa

[T13]	SIPIU: Sistema de identificação de problemas de infraestrutura urbana	GPS, Conectividade Celular (3G) e Sigfox
[T14]	Sistema de gestão urbana integrada incorporado à infraestrutura de iluminação pública	Plataformas de Computação em Nuvem

A respeito da [T02], Mohammadi, Nazri e Saif (2019) propuseram um sistema de estacionamento inteligente baseado em nuvem, seguro e confiável, baseado na IoT para CI. O sistema proposto usa Redes de sensores sem fio (WSNs) para monitorar cada espaço de estacionamento, economizando tempo, custo e combustível.

Sadhukhan (2018), apresenta a tecnologia [T03] como uma estrutura baseada em IoT para serviços de CI para permitir o desenvolvimento de vários serviços de CI no domínio de transporte, ambiente, educação e saúde, etc. A novidade desta plataforma proposta consiste na sua capacidade de coletar dados em diferentes formatos de nós periféricos de IoT heterogêneos nas várias tecnologias de comunicação.

Cecílio, Caldeira e Wanzeller (2018) apresentaram a [T04] denominada CityMii - Middleware para CI. O CityMii permite que as autoridades da Cidade Inteligente tenham um controle centralizado sobre os dados que fluem pelos vários utilitários e subsistemas. Além disso, o middleware pode alavancar o desenvolvimento de vários novos aplicativos capazes de apoiar as autoridades da cidade ou melhorar a qualidade de vida das pessoas que vivem nessas CI.

A [T05] proposta por Mahmood e Zubairi (2019), trata-se de uma aplicação do sistema IoT para otimizar o processo de transporte de resíduos em uma área metropolitana. Os autores propuseram a instalação de sensores de nível de resíduos em lixeiras, transformando-os em lixeiras inteligentes. Nesse sentido, o foco dos autores se concentra no design de algoritmos heurísticos para determinar as rotas mais viáveis com um número mínimo de caminhões.

Sobre a [T06], Mahmood e Zubairi (2019), descrevem de forma sucinta três tecnologias que estão sendo implantadas na Índia ou no mundo, que são: um sistema de caminhão de relé, um gerenciamento de resíduos e uma tecnologia para redução das taxas de criminalidade. A respeito do caminhão de relé, os autores afirmam que a IoT está trazendo uma grande mudança em todos os cantos e tem desempenhado um papel único e importante na transformação do setor de logística. Sobre a tecnologia para gerenciamento de resíduos, contêineres de lixo são conectados pela rede através de sensores que lêem a umidade, a quantidade de resíduos, o tipo de resíduos e as temperaturas. Esses dados, uma vez coletados, são então analisados pelo departamento de saneamento que planeja as rotas de coleta de lixo habilmente, atualizando as rotas de caminhões com base na análise. A tecnologia para redução das taxas de criminalidade, os autores descrevem três tipos de sensores usados para capturar detalhes e transferi-los para processamento adicional. Isso ajuda a cidade a manter um olho contínuo nos acontecimentos da cidade, em todas as ruas. Existem dez painéis que estão localizados na entrada na cidade, os motoristas são informados com bastante antecedência sobre os lugares de estacionamento nas áreas do centro da cidade.

Batista et al. (2016), apresenta a [T07] uma Arquitetura de referência para plataformas de CI, para gerenciamento de dados, comunicação e processamento de atividades nas CI, que pode ser usada por empresas e governos para o aprimoramento de vários aspectos da vida urbana.

Com relação a [T08], Gómez et al. (2017) apresentaram uma arquitetura multiuso baseada na IoT para o monitoramento de variáveis ambientais em áreas urbanas. O

objetivo de localizar esses sensores é medir a intensidade do ruído, a quantidade de CO2 produzido pelos veículos e as informações provenientes dos quadrantes da polícia.

Sobre a [T09], Gaur et al. (2015) propuseram uma arquitetura *Multi-Level Smart City* que é a extensão de Wang et al. (2011). Os nós dos sensores implantados em cada domínio da *Smart City* fornecem a fonte de dados primária para geração de informações heterogêneas. As informações geradas pelos nós sensores são coletadas usando os serviços de comunicação existentes. Os dados coletados são então processados e analisados usando tecnologias da web semântica e regras de combinação *Dempster-Shafer*.

Com relação a [T10], Rossi et al. (2016) descrevem a Aurora - um sistema de controle de baixo orçamento e fácil de implantar que utiliza dispositivos IoT, plataformas de computação em nuvem e a conectividade celular (2G-4G) para permitir que as CI otimizem o controle da iluminação pública economizando na conta de energia elétrica associada. Os usuários finais do Aurora são administrações públicas (PAs) responsáveis pelo serviço de iluminação pública.

Sobre a [T11], Rocha (2019) apresenta o sistema para controle inteligente de recursos em ambiente de IoT. O *Smart Place* tem como premissa controlar, de forma automática, os aparelhos de ar-condicionado dos ambientes e ainda possibilita a visualização e persistência dos dados aferidos pelo dispositivo de hardware. O cenário predominante diz respeito às salas de aulas, que receberão dispositivos com câmera, sensor de presença, sensor de umidade e sensor de movimento.

A [T12] proposta por Pereira, Dias e Queiroz (2019), trata-se de uma arquitetura de comunicação para a implementação de um sistema inteligente para controle de acesso e monitoramento de múltiplos ambientes denominada *Class Control*, para ser utilizado em salas de aulas equipadas com ar-condicionado e retroprojektor. Neste projeto cada sala de aula possuirá um dispositivo chamado de tranca inteligente. A tranca inteligente tem como objetivo não apenas trancar uma porta e manter o acesso apenas para pessoas autorizadas, mas monitorar e controlar algumas partes do ambiente, aumentando o nível de segurança, utilizando a energia elétrica de maneira mais eficiente e conferindo um grau de inteligência para o sistema.

Bernardes (2019), apresenta a tecnologia [T13] SIPIU - Sistema de Identificação de Problemas de Infraestrutura Urbana que busca identificar, localizar e cadastrar de forma inteligente diversos problemas de infraestrutura urbana, com intuito de agilizar seus problemas. Dessa forma, os órgãos competentes pelos reparos teriam acesso rapidamente às informações e, conseqüentemente, geraria a possibilidade de equacionar e solucionar os problemas reportados.

Por fim, Paredes, Souza e Fonseca (2019) descrevem a [T14] como sendo um sistema de gestão urbana integrada incorporado à infraestrutura de iluminação pública, onde os dispositivos IoT coletam dados em tempo real que são transmitidos para os para uma plataforma central (Nuvem, *Data Center*) onde são processados e analisados. Com esses dados, é possível a tomada de decisões mais efetivas por parte do poder público.

De acordo com Filho (2017), existem diversas oportunidades de aplicação em CI que utiliza o conceito de IoT, algumas ainda estão sendo evoluídas, inventadas e até mesmo sendo executadas.

Assim sendo, o que pôde ser percebido é que na literatura várias tecnologias relacionadas a CI, que faz uso da IoT, estão sendo desenvolvidas, porém, muitos autores se preocuparam em descrever o produto físico em si, deixando de lado o impacto gerado

a partir desses serviços. Este trabalho, portanto, preocupou-se em descrever as tecnologias existentes, assim como apresentar os benefícios, dificuldades e desafios da implementação de cada uma dessas ferramentas.

- **Com Relação à Segunda Questão de Pesquisa: “Quais os benefícios do uso das tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT?”**

Em referência a esta questão de pesquisa, foi possível identificar 12 benefícios do uso das tecnologias relacionadas à CI, como mostrado na Tabela 5.

Tabela 5. Benefícios apresentados

ID	Benefícios	Publicações
[B01]	Redução do consumo de energia	[P01], [P10], [P11] e [P12]
[B02]	Economia de tempo, custo e combustível	[P02] e [P05]
[B03]	Apoia os diversos domínios de uma CI	[P03]
[B04]	Aplicativos mais ricos e interessantes	[P04]
[B05]	Apoio em um sistema de coleta de lixo	[P06]
[B06]	Apoio em um sistema de gerenciamento de resíduos	[P06]
[B07]	Apoio em um sistema sobre taxas de criminalidade	[P06]
[B08]	Apoio à comunidade acadêmica, governos, empresas estabelecidas e startups.	[P07]
[B09]	Monitoramento das emissões de CO2	[P08]
[B10]	Ajudará as pessoas de maneira inteligente em diferentes ambientes	[P09]
[B11]	Apoia na identificação de problemas de infraestrutura urbana	[P13]
[B12]	Apoia diversos sistemas urbanos, informando a população sobre riscos e perigo iminente	[P14]

Com relação a “Redução do consumo de energia” [B01], a tecnologia da [P01] pode ter um grande impacto na redução do consumo de energia e, conseqüentemente, nas emissões de gases nocivos, mais precisamente, direcionado nos sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado (HVAC) e ventilação autônoma (SV) devido ao seu papel principal em manter o conforto dos ocupantes dentro dos edifícios. A tecnologia da [P10], é uma solução viável de IoT que permite à administração pública reduzir a conta de energia da iluminação pública e usar as economias para financiar outros projetos de eficiência energética. A tecnologia da [P11], trata-se de um sistema de gerenciamento de ambientes para o controle automatizado de aparelhos de ar-condicionado contribui com o desperdício de energia elétrica por evitar que os equipamentos permaneçam ligados em situações em que não estão sendo utilizados. Já a tecnologia da [P12], refere-se a um sistema que possui diversas funções agregadas ao seu foco principal que é o controle de acesso. As funções agregadas permitem um monitoramento mais inteligente do uso do ambiente reservado e ainda possibilita um consumo mais consciente da energia elétrica deste ambiente.

Sobre a “Economia de tempo, custo e combustível” [B02], a tecnologia da [P02] informa que o sistema de estacionamento inteligente proposto considera cada espaço de estacionamento como uma rede IoT e fornece uma solução ideal geral para encontrar espaço de estacionamento disponível, economizando tempo, custo e combustível. Já a [P05], trata-se de um sistema que traz vários benefícios para as cidades, incluindo redução do congestionamento nas ruas, implantação baseada na demanda de veículos de transporte de resíduos e economia substancial de tempo e consumo de combustível.

O [B03], “Apoia os diversos domínios de uma CI”, considera uma estrutura baseada em IoT para serviços de CI, referente a [P03], que permite o desenvolvimento de vários serviços de CI no domínio do transporte, ambiente, educação e saúde, etc.

Com relação a “Aplicativos mais ricos e interessantes” [B04], a solução proposta da [P04] permitirá que desenvolvedores e autoridades da cidade forneçam aplicativos mais ricos e interessantes para ajudá-los a resolver problemas detectados na cidade, fornecendo melhores serviços aos cidadãos.

O [B05], “Apoio em um sistema de coleta de lixo” da [P06], têm um impacto positivo na área de gerenciamento logístico mais suave, garantindo entrega mais rápida e melhor estilo de vida para as pessoas nessa profissão.

Sobre o [B06] “Apoio em um sistema de gerenciamento de resíduos”, descrito na [P06], têm um impacto positivo na área de soluções de gerenciamento de resíduos, pois ajudam a tornar a cidade mais limpa e saudável.

O [B07] “Apoio em um sistema sobre taxas de criminalidade” referente a [P06], têm um impacto positivo na área de soluções de segurança, o que levará à redução da taxa de criminalidade, tornando a vida mais segura para as pessoas daquela cidade.

Com relação a “Apoio à comunidade acadêmica, governos, empresas estabelecidas e startups” [B08], o *InterSCity* da [P07] deve gerar ferramentas, bibliotecas, estruturas, sistemas e aplicativos de código aberto reutilizáveis. Este software estará disponível para a sociedade e servirá de base para a elaboração de outros projetos focados na Internet do Futuro, visando a comunidade acadêmica, governos, empresas estabelecidas e startups.

Sobre a [B09] “Monitoramento das emissões de CO2”, através do design e implementação de um sistema capaz de monitorar variáveis ambientais baseadas na IoT, o sistema descrito na [P08], não apenas permite o monitoramento das emissões de CO2, mas também pode integrar outros tipos de medições para uma cidade mais inteligente.

O [B10] “Ajudará as pessoas de maneira inteligente em diferentes ambientes”, a arquitetura referente a [P09], ajudará as pessoas de maneira inteligente, em diferentes ambientes da CI, como por exemplo: na saúde, nos domínios do lar e do ambiente, na administração, no setor industrial, no meio ambiente, entre outros.

Com relação ao [B11] “Apoia na identificação de problemas de infraestrutura urbana”, através do rápido cadastramento dos problemas de infraestrutura urbana e do uso da tecnologia IoT descritos na [P13], é possível realizar uma antecipação da solução e um planejamento mais eficiente, assim, órgãos responsáveis, como prefeitura e subprefeituras, cortariam gastos desnecessários e otimizariam o tempo de resolução dos problemas.

Sobre o [B12] “Apoia diversos sistemas urbanos, informando a população sobre riscos e perigo iminente”, a infraestrutura descrita na [P14] permite através da interoperabilidade que a população seja informada caso haja complicações nos diversos sistemas urbanos, risco ou perigo iminente, aumentando a resiliência da cidade e responsividade do poder público.

- **Com Relação à Terceira Questão de Pesquisa: “*Quais as dificuldades do uso das tecnologias relacionadas à CI, que faz uso do paradigma IoT?*”**

Santiago e Payão (2018), afirmam que é fundamental direcionar amplos interesses com planejamento adequado, para que as cidades atuais e do futuro possam receber de forma

eficiente, criativa e sustentável, o desenvolvimento básico para a melhoria de vida da comunidade, tarefa na qual a tecnologia pode auxiliar decisivamente.

Nesse sentido, muitos problemas técnicos e de pesquisas ainda precisam ser resolvidos antes que ambientes de CI eficazes e robustos sejam completamente desenvolvidos. Alguns desses problemas são: permitir a interoperabilidade entre os diversos componentes da cidade, garantir a privacidade e a segurança dos cidadãos e sistemas da cidade, gerenciamento e o processamento de grandes quantidades de dados, oferecer a escalabilidade necessária para o aumento da população da cidade e lidar com heterogeneidade de dispositivos como sensores e *smartphones* (KON e SANTANA, 2016).

A respeito dessa questão de pesquisa, das 14 publicações selecionados após o 2º filtro, somente as publicações [T03] e a [T14] continham informações relevantes para a extração das dificuldades ou desafios do uso das tecnologias relacionadas à CI, que emprega o uso do paradigma IoT. Dessa forma, identificamos 2 dificuldades: [D01]: Disponibilidade de conectividade com a internet em qualquer lugar da cidade ([T03]) e [D02]: Orçamento público ([T14]).

Sobre a [D01], os autores afirmam que a dificuldade para o provisionamento de serviços de CI em toda cidade é a disponibilidade de conectividade com a Internet em qualquer lugar da cidade por meio de alguma infraestrutura adequada (SADHUKHAN, 2018).

A respeito da [D02], os autores afirmam que a tecnologia pode dar espaço para ações que podem acarretar riscos e ameaças para a sociedade e para o poder público, ou seja, na mudança na demanda e perfil e qualificação de mão de obra, isto é, questões relacionadas ao orçamento público, entre outros, mas principalmente na possibilidade da ocorrência de *CyberAttacks*, causando assim, a interrupção dos serviços. Além disso, os autores, concluem que a implantação da IoT no meio urbano oferece desafios e potencialidades para a governança urbanas, uma vez que, interfere em aspectos técnicos, sociais, econômicos e regulatórios (PAREDES, SOUZA e FONSECA, 2019).

• **Com Relação à Quarta Questão de Pesquisa: “Quais as áreas/setores que mais utilizam as tecnologias relacionadas à CI?”**

Todas as tecnologias identificadas apresentaram estudos variados para os diferentes campos de aplicação das tecnologias em IoT. Com base nisso, foi elaborada a Tabela 6 que apresenta as 8 áreas que mais utilizam as tecnologias relacionadas à CI.

Tabela 6 . Áreas de aplicação das tecnologias identificadas

ID	Área de Aplicação	Publicações
[T01]	Edifícios Inteligentes	[P01]
[T02]	Estacionamento Inteligente	[P02]
[T03]	Multiáreas	[P03], [P04], [P06], [P07] e [P09]
[T04]	Gerenciamento de Resíduos	[P05]
[T05]	Ambiente Urbano Inteligente	[P08]
[T06]	Iluminação Pública	[P10] e [P14]
[T07]	Sala de Aula Inteligente	[P11] e [P12]
[T08]	Infraestrutura Urbana	[P13]

A IoT têm sido aplicadas em diversos âmbitos, como: redes de energia, monitoramento de saúde, segurança, fiscalização ambiental, entretenimento, meios de transporte, etc. Todas essas aplicações são conectadas a Internet, sendo controladas e monitoradas de algum lugar (FABRÍCIO, 2018).

As tecnologias identificadas estão mais direcionadas para as Multiáreas, Iluminação Pública e Sala de Aula Inteligente. Com relação a multiáreas, as publicações ([P03], [P04], [P06], [P07] e [P09]) citam que podem ser aplicadas em vários domínios, não sendo específicas de apenas um, como: transporte, meio ambiente, educação, saúde, gerenciamento de resíduos, monitoramento ambiental, monitoramento e controle do fluxo de veículos, iluminação pública, gerenciamento logístico, segurança pública, ambiente inteligente, casa inteligente, saúde inteligente, energia inteligente, segurança inteligente, indústrias inteligentes e transporte inteligente.

Sendo assim, observa-se que o conceito de CI juntamente com a IoT pode ser adaptado para solucionar problemas de diversas áreas, por meio de objetos interligados que adquirem informações e dados que irão facilitar a tomada de decisão, e garantir a qualidade de vida da população de forma inteligente (WEISS, BERNARDES e CONSONI, 2017).

5. Conclusão

Com o crescimento populacional, a conectividade está se tornando uma tecnologia primordial para administração das grandes cidades que vem enfrentando diversos problemas ligados à segurança pública, saúde, educação, transporte e serviços, entre outros. Neste contexto, o conceito de CI juntamente com a IoT visa mitigar desafios e problemas enfrentados pelas cidades, oferecendo melhorias para a qualidade de vida da população de forma inteligente, por meio de diversos objetos interligados que adquirem informações e dados que irão facilitar a tomada de decisão.

Dessa forma, este trabalho descreve um mapeamento sistemático que teve como objetivo relacionar as tecnologias no contexto de CI que faz uso da IoT, descrevendo as dificuldades e benefícios de sua implementação.

Como resultado, foram identificadas na literatura 13 tecnologias, que apresentaram contribuições que visam auxiliar nas diversas áreas de gestão de cidades, fornecendo aplicativos mais ricos e interessantes, como, ferramentas, bibliotecas, estruturas, sistemas e aplicativos de código aberto reutilizáveis que servirão de base para a elaboração de outros projetos focados na Internet do Futuro, visando a comunidade acadêmica, governos, empresas estabelecidas e startups.

Os benefícios dessas tecnologias, incluem principalmente, economia de tempo, custo e combustível, por meio de estacionamentos inteligentes que fornecem uma solução ideal para encontrar espaço de estacionamento disponível. Além disso, as tecnologias também contribuem com o impacto na redução do consumo de energia e, conseqüentemente, nas emissões de gases nocivos.

No entanto, ainda existem inúmeras dificuldades para as cidades atuais receberem os serviços de CI, devido principalmente a falta de recursos e de infraestruturas adequadas que impedem a disponibilidade de conectividade com a Internet em qualquer lugar da cidade. Além disso, existem também questões relacionadas ao orçamento público e qualificação de mão-de-obra, que podem acarretar riscos e ameaças para a sociedade e para o poder público.

As limitações deste trabalho estão relacionadas, principalmente aos locais de busca, pois o acesso às bibliotecas digitais, como a Scopus, ACM Digital Library, ScienceDirect e EI Compendex, somente é permitido em instituições que tem parceria, dificultando o andamento da pesquisa, considerando que, devido a pandemia o acesso ao Instituto de Ciências Exatas e Tecnologia foi restrito.

Como trabalhos futuros, outras fontes de pesquisa podem ser consultadas e verificar as propostas que tem sido pensada como possíveis soluções para as CI e a forma de como isso irá mudar a vida do cotidiano das pessoas.

Espera-se que com esses resultados obtidos proporcionar um melhor conhecimento do que vem sendo pesquisado e aplicado na área de IoT em relação à CI, tanto para o poder público/privado, quanto ao cidadão que tenha interesse nesta área específica da computação.

Referências

ALMEIDA, H. **Internet das Coisas: Tudo Conectado**. Revista da Sociedade Brasileira de Computação, v. 4, n. 29, p. 6-8, 2015.

ALMEIDA, H. **Mas Afinal de Contas, o que é TICs?** 2019. Disponível em: <https://isitics.com/2019/07/01/mas-afinal-de-contas-o-que-e-tics>. Acesso em: 12 set. 2019.

ALMEIDA, O. **Tudo o que Você Precisa Saber Sobre Cidades Inteligentes – Smart Cities**. 2019. Disponível em: <https://www.easyiot.com.br/cidades-inteligentes>. Acesso em: 26 out. 2019.

ARASTEH, H.; HOSSEINNEZHAD, V.; LOIA, V.; TOMMASETTI, A.; TROISI, O.; SHAFIE-KHAH, M e SIANO, P. **IoT-Based Smart Cities: A Survey**. 16th International Conference on Environment and Electrical Engineering (EEEIC), Florence, p. 1-6, 2016.

BATISTA, D.; GOLDMAN, A.; HIRATA, R.; KON, F.; COSTA, F e ENDLER, M. **InterSCity: Addressing Future Internet Research Challenges for Smart Cities**. 7th International Conference on the Network of the Future (NOF), Búzios, p. 1-6, 2016.

BERNADES, R. **Sistema IoT de Identificação de Problemas de Infraestrutura Urbana**. 2019. 84 f. Dissertação (Monografia do Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade de São Paulo, 2019.

CAMARGO, A. **Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana**. Cadernos FGV Projetos, v. 10,n. 24, p. 14-19, 2015.

CASTRO, C. **Cidades Inteligentes: Definições, Estudos de Casos e Modelagem de Iniciativa Inteligente em Volta Redonda**. 2018. 75 f. (Monografia do Curso de Engenharia de Telecomunicações) – Universidade Federal Fluminense, 2018.

CECÍLIO, J.; CALDEIRA, F e WANZELLER, C. **CityMii - An Integration an Interoperable Middleware to Manage a Smart City**. 9th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT), Porto, p. 416-423, 2018.

DAMIANI, C.; MACHADO, G e GASPARINI, I. **Personalização e Gamificação no Contexto de Cidades Inteligentes**. Cadernos de Informática, v. 10, n. 1, p. 15-7, 2019.

DEPINÉ, Á. **Fatores de Atração e Retenção da Classe Criativa: O Potencial de Florianópolis como Cidade Humana Inteligente**. 2016. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) - Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

FABRÍCIO, M. **Monitoramento de Equipamentos Elétricos Industriais Utilizando IoT**. 2018. 73 f. Dissertação (Mestrado em Gestão de Redes de Telecomunicações) – Universidade Católica de Campinas, 2018.

FILHO, W. **Como a IoT e Cidades Inteligentes podem Melhorar o Setor Alimentício para uma Produção Mais Eficiente**. 2017. 48 f. (Monografia do Curso de Sistemas de Informação) – Universidade Federal de Pernambuco, 2017.

FREITAS, T. **Internet das Coisas: Uma Análise Sobre o Impacto da Tecnologia nos Cuidados com Animais Domésticos**. 2017. 82 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Informação e Conhecimento) – Universidade Fumec, 2017.

GAUR, A.; SCOTNEY, B.; PARR, G e McCLEAN, S. **Smart City Architecture and its Applications based on IoT**. *Procedia Computer Science*, v. 52, p. 1089-1094, 2015.

GÓMEZ, J.; MARCILLO, F.; TRIANA, F.; GALLO, V.; OVIEDO, B e HERNÁNDEZ, V. **IoT for Environmental Variables in Urban Areas**. 8th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies (ANT 2017), Madeira, p. 67-74, 2017.

HAMMI, B.; KHATOUN, R.; ZEADALLY, S.; FAYAD, A e KHOUKHI, L. **IoT Technologies for Smart Cities**. *IET Networks*, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2017.

JOÃO, B.; SOUZA, C e SERRALVO, F. **Revisão Sistemática de Cidades Inteligentes e Internet das Coisas como Tópico de Pesquisa**. *Cadernos EBAPE.BR*, 2018. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/cadernosebape/article/view/79938/76394>. Acesso em: 13 nov. 2019.

KHARBOUCH, A.; BAKHOUYA, M.; MAAKOUL, A e OUADGHIRI, D. **A Holistic Approach for Heating and Ventilation Control in EEBs**. 17th International Conference on Advances in Mobile Computing e Multimedia (MoMM2019), Munich, p. 1-6, 2019.

KITCHENHAM, B. e CHARTERS, S. **Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering**. *Relatório Técnico Evidence-Based Software Engineering (EBSE)*, v. 2.3, 2007.

KON, F e SANTANA, E. **Cidades Inteligentes: Conceitos, Plataformas e Desafios**. XXXVI Congresso da Sociedade Brasileira de Computação (CSBC), Porto Alegre, p. 1-49, 2016.

LACERDA, F. **Arquitetura da Informação Pervasiva: Projetos de Ecossistemas de Informação na Internet das Coisas**. 2015. 226 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Universidade de Brasília, 2015.

LEMOS, A. **Cidades Inteligentes**. *Revista GVExecutivo*, v. 12, n.2, p. 46-49, 2013.

MAHMOOD, I e ZUBAIRI, J. **Efficient Waste Transportation and Recycling: Enabling Technologies for Smart Cities Using the Internet of Things**. *EEE Electrification Magazine*, v. 7, n. 3, p. 33-43, 2019.

MANCINI, M. **Internet das Coisas: História, Conceitos, Aplicações e Desafios**. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326065859_Internet_das_Coisas_Historia_Conceitos_Aplicacoes_e_Desafios. Acesso em: 21 de set. 2019.

MIORANDI, D.; SICARI, S.; PELLEGRINI, F e CHLAMTAC, I. **Internet of Things: Vision, Applications and Research Challenges**. *Ad Hoc Networks*, v. 10, n. 7, p. 1497-1516, 2012.

MOHAMMADI, F.; NAZRI, G e SAIF, M. **A Real-Time Cloud-Based Intelligent Car Parking System for Smart Cities**. 2nd IEEE International Conference on Information Communication and Signal Processing, Weihai, p. 1-6, 2019.

NAKASONE, J e PINZ, L. **Smart Cities: A Tecnologia como Transformador dos Espaços Urbanos**. Relatório Técnico, Advisor, 2015. Disponível em: <https://www.la.logicalis.com/globalassets/latin-america/advisors/es/advisor-smart-cities-web-esp.pdf>. Acesso em: 2 nov. 2019.

NANSEN. **O que Torna uma Cidade Inteligente?**. 2017. Disponível em: <http://geracaosmartgrid.com.br/o-que-torna-uma-cidade-inteligente/>. Acesso em: 2 nov. 2019

NETO, J. e GIMENEZ, E. **Cidades Inteligentes: Sua Contribuição para o Desenvolvimento Urbano Sustentável**. VII Seminário de Redes e Sistemas de Telecomunicações (SRST), Minas Gerais, 2018.

NUNES, P. **TIC (Tecnologias de Informação e Comunicação)**. 2016. Disponível em: <https://know.net/cienceconempr/gestao/tic-tecnologias-de-informacao-e-comunicacao>. Acesso em: 10 out. 2019.

OLIVEIRA, J e SILVA, R. **A Internet das Coisas (IoT) com Enfoque na Saúde**. *Tecnologia em Projeção*, v. 8, n. 1, p. 77-85, 2017.

PAREDES, L.; SOUZA, L e FONSECA, W. **Integrated Urban Management for Intelligent Cities Through the Public Lighting Infrastructure with the Internet of Things (IoT)**. II Simpósio Nacional de Gestão e Engenharia Urbana (SINGEORB), São Paulo, p. 1-7, 2019.

PEREIRA, V.; DIAS, S e QUEIROZ, K. **Sistema Inteligente para Controle de Acesso e Monitoramento de Múltiplos Ambientes (Class Control)**. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Sistemas Computacionais (SBESC), Porto Alegre, p. 25-30, 2019.

PETERSON, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S. e MATISSON, M. **Systematic Mapping Studies in Software Engineering**. 12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering, p. 71-80, 2008.

PHAM, T.; NGUYEN, H.; H, NGUYEN.; BUI, B.; NGUYEN, V e JANG, Y. **Power Wide Area Network Technologies for Smart Cities Applications**. International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC), Jeju Island, p. 501-505, 2019.

PINTO, M. **Internet das Coisas, Cidades Inteligentes e Mobilidade Urbana: Um Estudo de Caso Sobre os Smart Parkings em Vias Públicas e os Impactos na Qualidade de Vida da População**. 2017. 65 f. (Monografia do Curso de Tecnologia em Sistemas de Computação) – Universidade Federal Fluminense, 2017.

ROCHA, F. **Sistema para Controle Inteligente de Recursos em Ambiente de IoT**. 2019. 59 f. Dissertação (Monografia do Curso de Ciência da Computação) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2019.

ROSSI, C.; GAETANI, M.; DEFINA, A e DOMINICI, F. **AURORA: An Energy Efficient Public Lighting IoT System for Smart Cities**. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review, França, p. 1-6, 2016.

SADHUKHAN, P. **An IoT based Framework for Smart City Services**. International Conference on Communication, Computing and Internet of Things (IC3IoT), Chennai, p. 376-379, 2018.

SANTIAGO, M e PAYÃO, J. **Internet das Coisas e Cidades Inteligentes: Tecnologia, Inovação e o Paradigma do Desenvolvimento Sustentável**. Revista de Direito da Cidade, v. 10, n. 2, p. 787-805, 2018.

SANTOS, J e COELHO, A. **Cidades Inteligentes: Desafios e Tecnologias**. Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação, v. 8, n. 2, p. 69-76, 2018.

SILVA, V. e ALVARO, A. **Uma Plataforma para Cidades Inteligentes Baseada na Internet das Coisas**. VII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), São Paulo, p. 132-137, 2012.

SOUZA, M. **Dómotica de Baixo Custo Usando Princípios de IoT**. 2016. 50 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Software) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016.

SUJATA, J.; ABHIJIT, C e CHANDA, B. **Impact of IoT Technologies on Smart City Infrastructure: Current Applications and Future Potential**. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE), v.8, n. 2, p. 2387-2391, 2019.

SURESH, P.; DANIEL, J.; PARTHASARATHY, V e ASWATHY, R. **A State of The Art Review on The Internet of Things (IoT) History, Technology and Fields of Deployment**. International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR), Chennai, p. 1-8, 2014.

TELIUM. **Cidades Inteligentes e os Desafios de Conectividade: Uma das Principais Tecnologias que vem Facilitando a Aplicação desse Conceito é a Internet das Coisas**. 2018. Disponível em: <http://www.amanha.com.br/posts/view/6044/cidades-inteligentes-e-os-desafios-de-conectividade>. Acesso em: 01 nov. 2019.

TOMAS, G. Uma Arquitetura para Cidades Inteligentes Baseada na Internet das Coisas. 2014. 109 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

WEISS, M. Cidades Inteligentes: Proposição de Um Modelo Avaliativo de Prontidão das Tecnologias da Informação e Comunicação Aplicáveis à Gestão das Cidades. 2016. 279 f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) – Centro Universitário da FEI, 2016.

WEISS, M.; BERNARDES, R. e CONSONI, F. Cidades Inteligentes como Nova Prática para o Gerenciamento dos Serviços e Infraestruturas Urbanos: A Experiência da Cidade de Porto Alegre. Revista Brasileira de Gestão Urbana, v. 7, n. 3, p. 310-324, 2015.

WU, C e SILVA, D. Cidades Inteligentes: Uma Construção Colaborativa. 2014. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19775271-Cidades-inteligentes-uma-construcao-colaborativa-resumo-palavras-chave-cidades-inteligentes-gestao-colaborativa-cidades-brincantes-tics.html>. Acesso em: 23 out. 2019.