



Pós-Graduação em Ciência da Computação

ALEX JUVÊNCIO COSTA

**ESTRATÉGIAS DE TESTES PARA APLICAÇÕES DE CIDADES
INTELIGENTES: Um Estudo de Mapeamento Sistemático**



Universidade Federal de Pernambuco
posgraduacao@cin.ufpe.br
<http://cin.ufpe.br/~posgraduacao>

Recife
2019

ALEX JUVÊNIO COSTA

**ESTRATÉGIAS DE TESTES PARA APLICAÇÕES DE CIDADES
INTELIGENTES: Um Estudo de Mapeamento Sistemático**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Engenharia de Software

Orientador(a): Prof. Dr. Leopoldo Motta Teixeira

Recife
2019

Catálogo na fonte
Bibliotecária Monick Raquel Silvestre da S. Portes, CRB4-1217

C837e Costa, Alex Juvêncio
Estratégias de testes para sistemas de cidades inteligentes: um mapeamento sistemático / Alex Juvêncio Costa. – 2019.
52 f.: il., fig., tab.

Orientador: Leopoldo Motta Teixeira.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CIn, Ciência da Computação, Recife, 2019.
Inclui referências e apêndice.

1. Engenharia de software. 2. Mapeamento. 3. Testes. I. Teixeira, Leopoldo Motta (orientador). II. Título.

005.1 CDD (23. ed.) UFPE- MEI 2019-050

ALEX JUVÊNIO COSTA

**Estratégias de Teste para Aplicações de Cidades Inteligentes: Um
Estudo de Mapeamento Sistemático**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Aprovado em: 01/02/2019

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leopoldo Motta Teixeira
Centro de Informática/UFPE
(Orientador)

Profa. Dra. Juliana de Albuquerque Gonçalves Saraiva
Centro de Ciências Aplicadas e Educação /UFPB
(Examinador Externo)

Profa. Dra. Liliane Sheyla da Silva Fonseca
Centro de Informática/UFPE
(Examinador Interno)

Dedico este trabalho a minha família, minha noiva, meu orientador e meus amigos que foram porto seguro perante as dificuldades durante este percurso.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, por ter me proporcionado condições de vivenciar a realizar mais esta etapa da minha vida.

Aos meus pais e familiares pelo apoio constante nos momentos mais decisivos desta caminhada.

A minha noiva, pela paciência, compreensão e suporte nesses anos decisivos de estudos do mestrado.

Ao meu orientador Leopoldo Motta Teixeira, pela confiança, suporte e parceria durante toda esta etapa do mestrado.

Aos meus amigos que sempre continuaram próximos mesmo eu estando ausente durante esta etapa da minha vida.

A todos que não foram mencionados acima, mas que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização e conclusão deste trabalho.

RESUMO

Cidades Inteligentes são áreas urbanas que permitem o desenvolvimento de sistemas para melhorar a gestão de recursos da cidade, através do uso de tecnologia da informação como Internet das Coisas e computação em nuvem, assim como disponibilização de dados governamentais e participação cidadã. Alguns desafios identificados no desenvolvimento de soluções para este contexto são: escalabilidade, modularidade e segurança. As atividades de teste são críticas para a verificação e validação de soluções Smart City, portanto, nosso objetivo é desenvolver um mapa de estratégias de teste para sistemas desenvolvidos no contexto de Cidades Inteligentes. Para este estudo, definimos um protocolo de mapeamento sistemático da literatura para identificar, selecionar, analisar e sintetizar os resultados de estudos empíricos publicados anteriormente na literatura de engenharia de software, relacionados ao teste de sistemas Smart Cities. Neste mapeamento sistemático, foram selecionados 13 artigos, que identificaram estratégias de teste utilizadas pelos desenvolvedores para o processo de teste de sistemas. Também identificamos algumas dificuldades enfrentadas no processo de teste desses sistemas através de relatos presentes nos trabalhos selecionados neste mapeamento. Nossa pesquisa sintetizou evidências que esperamos que possam servir como fonte de dados para pesquisa acadêmica e prática industrial. Como trabalho futuro, planejamos aplicar nossos resultados, destacando um estudo de caso em sistemas reais para validar evidências coletadas.

Palavras-chaves: Cidades Inteligentes. Testes. Mapeamento.

ABSTRACT

Smart Cities are urban areas that enable the development of applications to improve city resources management, through the use of information technology such as Internet of Things and cloud computing, as well as government data availability and citizen participation. Some challenges identified in the development of solutions for this context are: scalability, modularity and security. Testing activities are critical to the verification and validation of Smart City solutions, so our goal is to develop a map of test strategies for applications developed in the context of Smart Cities. For this study we defined a mapping study was performed based on the Kitchenham protocol to identify, select, analyze and synthesize the results of previously published empirical studies in the software engineering literature, related to testing Smart Cities applications. In this systematic mapping, 13 articles were selected, that have identified test strategies used by developers for the application testing process. Identifying some difficulties faced in the process of testing these applications through reports present in the works selected in this mapping. Our research synthesized evidence that we hope might serve as a data source for academic research and industrial practice. As future work we plan to apply our results highlighting a case study in real applications to validate the collected evidence.

Keywords: Smart City. Tests. Mapping Study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Ciclo da Pesquisa	24
Figura 2 – Estratégia de Buscas - Seleção dos Artigos	27
Figura 3 – Percentual de Qualidade do Quantitativo dos Estudos Seleccionados . .	32
Figura 4 – Distribuição Temporal dos Estudos Primários	33
Figura 5 – Distribuição Percentual dos Estudos Primários Seleccionados	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Metodologias RSL e MSL	16
Tabela 2 – Características Identificadas e Relacionamentos	19
Tabela 3 – Pontos Chaves e Respectivas Possíveis Dificuldades	20
Tabela 4 – Classificação da Pesquisa	23
Tabela 5 – Fontes de Buscas na Literatura	25
Tabela 6 – Fontes de Buscas e Resultados Correspondentes	26
Tabela 7 – Avaliação da Qualidade do Estudos	28
Tabela 8 – Formulário de Extração dos Dados	28
Tabela 9 – Resumo dos Artigos Selecionados	31
Tabela 10 – Estratégias de Testes e Fontes de Evidências	33
Tabela 11 – Fontes de Buscas	49
Tabela 12 – Critérios de Inclusão para Seleção de Artigos	50
Tabela 13 – Critérios de Exclusão para Seleção de Artigos	50
Tabela 14 – Avaliação da Qualidade do Estudos	51

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Objetivos Específicos	13
1.2	CONTRIBUIÇÃO	14
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	ESTUDOS EMPÍRICOS EM ENGENHARIA DE SOFTWARE	15
2.2	CIDADES INTELIGENTES	17
2.2.1	Definições de Cidades Inteligentes	17
2.2.2	Características de Cidades Inteligentes	18
2.2.3	Projetos de Cidades Inteligentes	19
2.3	INTERNET DAS COISAS	21
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	22
3	METODOLOGIA	23
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2	ETAPAS DA PESQUISA	24
3.2.1	Etapas de Definição da Pesquisa	24
3.2.2	Ciclo da Pesquisa	24
3.2.2.1	Definição do Protocolo	24
3.2.2.2	Questões de Pesquisa	25
3.2.2.3	Estratégia de Busca	25
3.2.2.4	CrITÉrios de Inclusão e Exclusão	26
3.2.3	Seleção dos Estudos	26
3.2.4	Avaliação da Qualidade	27
3.2.5	Extração de Dados	28
3.2.6	Síntese dos Dados	28
3.3	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	29
4	RESULTADOS	30
4.1	ANÁLISE GERAL	30
4.1.0.1	Avaliação da Qualidade	30
4.1.0.2	Distribuição Temporal	32
4.2	ESTRATÉGIAS DE TESTE	33

4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	37
4.3.1	Implicações para Pesquisa Científica	37
4.3.2	Implicações para Prática Industrial	38
4.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	39
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
5.1	LIMITAÇÕES E AMEAÇAS A VALIDADE	40
5.2	CONCLUSÕES	41
5.3	TRABALHOS FUTUROS	41
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICE A – PROTOCOLO DO MAPEAMENTO SISTEMÁ-	
	TICO	47

1 INTRODUÇÃO

Cidades Inteligentes são áreas urbanas que permitem o desenvolvimento de sistemas para obter melhorias no gerenciamento de recursos da cidade, através do uso de tecnologia da informação, como Internet das Coisas (IoT), computação em nuvem, disponibilização de dados do governo e participação do cidadão. Cidades Inteligentes são uma abordagem que já vem sendo discutida há algum tempo (FOSTER, 1990), que são imaginadas como capazes de gerenciar o uso de seus recursos, proporcionando melhorias na qualidade de vida dos cidadãos, em diferentes dimensões, como mobilidade, governança, meio ambiente, economia, pessoas e vida (BALLON; PIERSON; DELAERE, 2005). Por meio de avanços tecnológicos recentes e aumento do acesso a essa tecnologia, o número de dispositivos de IoT já excede a quantidade de dispositivos móveis usados pelas pessoas. Espera-se que a IoT se consolide como uma parte essencial das Cidades Inteligentes (FOSTER, 1990).

O trabalho (BRIAND et al., 2016) aborda sobre sistemas que não podem ser testados, onde os autores relatam que isto geralmente ocorre devido a fatores como as interações contínuas dos sistemas com o ambiente e o profundo entrelaçamento de software com hardware, no trabalho é apresentado uma visão para permitir o teste de sistemas não testáveis, a ideia principal da pesquisa é enquadrar os testes em modelos com o objetivo de aumentar o nível de abstração de testes, as atividades referentes aos testes desses sistemas de grande escala geralmente são complexos, pois envolvem um grande número de dispositivos, sensores e dados. Além disso, o que funciona bem em um sistema pode não funcionar em outro. Como exemplo, no contexto das soluções propostas para a gestão do tráfego urbano, já existem algumas estratégias de testes para designar a inovação, a inovação e o futuro. Estes podem funcionar bem, no entanto, não podemos dizer que eles vão funcionar bem em todas as cidades em que tal solução é implementada. Atualmente, nenhum padrão foi encontrado na literatura para ser adotado ou mesmo um catálogo de melhores práticas em que a comunidade pode confiar para definir quais estratégias de teste se encaixam melhor para uma determinada solução a ser implementada.

Portanto, com base nessa falta de evidência, surge a motivação de realizar um estudo para propor uma solução para essa lacuna identificada. Estamos interessados em tentar identificar as estratégias utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes. Para atingir esse objetivo, examinamos sistematicamente a literatura com o objetivo de identificar, analisar e mapear as evidências sobre essa questão, buscando responder algumas questões direcionadas às estratégias utilizadas pelos desenvolvedores para testar. Além disso, também estamos interessados em tentar identificar possíveis padrões de estratégias de teste existentes e potenciais dificuldades para testar sistemas de Cidades Inteligentes. No processo de busca na literatura que foi realizada, encontramos alguns estudos de mapeamento sistemático da literatura que envolvem Cidades Inteligentes, como a “sustentabilidade da na-

tureza”, a “tecnologia inteligente”, a “cooperação” e a “compreensão de domínios de Cidades Inteligentes” (TRINDADE et al., 2017; GIANNI; DIVITINI, 2015; COCCHIA, 2014; ANTHOPOULOS, 2015). No entanto, esses estudos não lidam com estratégias de teste, que são o foco de nossa pesquisa.

Ao responder a essas perguntas com base na literatura existente, identificamos três estratégias principais que são comumente usadas para ajudar os desenvolvedores no processo de teste de sistemas para o contexto das Cidades Inteligentes. A estratégia mais comumente relatada entre esses três é a de *testbeds*, que são plataformas que tentam ser o mais próximo possível da realidade, para permitir a verificação e a experimentação de sistemas (BARREIROS et al., 2011). Também identificamos uma série de desafios enfrentados pelos desenvolvedores que foram relatados nos estudos selecionados. Um desafio recorrente é que as soluções propostas são geralmente muito restritas e limitadas a um contexto específico. Com base nos resultados obtidos, esperamos fornecer dados relevantes que possam ser úteis para os processos de teste de sistemas de Cidades Inteligentes. Além disso, também apresentamos alguns desafios e implicações para futuras pesquisas e práticas industriais.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Com base na falta de evidências na literatura sobre estratégias utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto das Cidades Inteligentes, surge a motivação de realizar um estudo para propor uma solução para essa lacuna identificada. Para atingir esse objetivo, examinamos sistematicamente a literatura com o objetivo de identificar, analisar e mapear as evidências sobre essa questão, buscando responder algumas questões direcionadas às estratégias utilizadas pelos desenvolvedores para testar os sistemas desenvolvidas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificar na literatura estratégias de testes que auxiliem os desenvolvedores no processo de testes de sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.
- Analisar e mapear, as estratégias de testes identificadas que auxiliem os desenvolvedores no processo de testes de sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.
- Identificar na literatura possíveis padrões de estratégias de testes que auxiliem os desenvolvedores na tomada de decisão em qual melhor processo de testes de sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes se encaixa para a solução desenvolvida.
- Identificar na literatura, caso existam, as principais dificuldades relatadas pelos desenvolvedores no processo de testes de sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.

1.2 CONTRIBUIÇÃO

A contribuição efetiva deste trabalho está no desenvolvimento de um mapa de estratégias de testes direcionado a sistemas desenvolvidos no contexto de Cidades Inteligentes. Espera-se contribuir com a comunidade científica através da disponibilização de dados relevantes que apoiem novas pesquisas proporcionando a colaboração no andamento das pesquisas na comunidade. Para a comunidade de desenvolvedores, espera-se contribuir como uma ferramenta de auxílio na tomada de decisão em qual estratégia de teste se adéqua melhor à solução que está sendo construída pelo desenvolvedor.

Os resultados obtidos nesta pesquisa foram publicados no artigo *“Testing Strategies for Smart Cities applications: A Systematic Mapping Study”* (COSTA; TEIXEIRA, 2018), apresentado para a trilha de pesquisa da principal conferência em teste de software do Brasil, denominada *Brazilian Symposium on Systematic and Automated Software Testing (SAST)* que ocorre durante o Congresso Brasileiro de Software (CBSOFT).

1.3 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho de dissertação está estruturado da seguinte forma:

Capítulo 2 – Fundamentação Teórica: Neste capítulo é apresentado o referencial teórico da pesquisa proposta.

Capítulo 3 – Método de Pesquisa: Este capítulo a metodologia que foi adotada para este trabalho é apresentada com o detalhamento de cada etapa.

Capítulo 4 – Análise dos Resultados: É apresentado o resultado do estudo de mapeamento sistemático, apresentando inicialmente dados gerais do resultados obtidos, discussão dos resultados e também as evidências encontradas da literatura.

Capítulo 5 – Considerações Finais: Neste capítulo são apresentadas as ameaças à validade e limitações do trabalho, também é proposto alguns possíveis trabalhos futuros a partir dos resultados e por fim as conclusões obtidas são apresentadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, é apresentado o referencial teórico que foi obtido através de pesquisas na literatura com o objetivo de buscar informações relacionadas ao tema desta pesquisa científica. Os tópicos apresentados neste capítulo são:

- **Estudos Empíricos em Engenharia de Software** - Apresentamos conceitos sobre estudos empíricos em engenharia de software e também conceitos sobre a metodologia de estudos de mapeamento sistemático da literatura.
- **Cidades Inteligentes** - Nesta seção são apresentadas algumas definições de Cidades Inteligentes encontradas na literatura, como também dados relevantes para proporcionar um conhecimento mais detalhado sobre o tema. Por fim, alguns trabalhos relacionados ao tema da pesquisa são apresentados.
- **Considerações Finais do Capítulo** - É apresentado um breve resumo dos tópicos apresentados neste capítulo.

2.1 ESTUDOS EMPÍRICOS EM ENGENHARIA DE SOFTWARE

Em um sentido mais abrangente, uma pesquisa empírica é um ato ou uma operação com o propósito de descobrir algo desconhecido ou de testar uma hipótese, envolvendo um conjunto de dados de coleta do investigador e realização de análises para determinar o que os dados significam. Estes dados abrangem várias formas de estratégias de investigação, incluindo todas as formas de experiências, estudos qualitativos, pesquisas e análise de arquivo (BASILI; SHULL; LANUBILE, 1999). O principal objetivo deste tipo de estudo é aprender algo importante possibilitando a comparação da teoria com a realidade, melhorando os resultados não somente na Engenharia de Software como também em diversas áreas de pesquisa correspondente.

O conceito de Engenharia de Software baseada em evidências, tem como objetivo promover a integração da pesquisa acadêmica com a prática na indústria, provendo uma melhoria no processo de tomada de decisão ao longo do processo de desenvolvimento de software (KITCHENHAM, 2004).

O estudo secundário é um tipo de pesquisa científica que busca realizar análises em vários estudos primários relacionados a uma determinada questão de pesquisa, com o intuito de integrar e sintetizar evidências relacionadas ao tema da pesquisa (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Os estudos de revisão sistemática e mapeamento sistemático da literatura são metodologias aplicadas em estudos secundários, porém a literatura (PETTICREW; ROBERTS,) (ARKSEY; O'MALLEY, 2005) diferencia esses dois métodos científico, na Tabela 1 é apresentado de forma resumida essas diferenças:

Tabela 1 – Metodologias RSL e MSL

Revisão Sistemática da Literatura (RSL)	Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL):
Identificar, analisar e interpretar evidências relacionadas a uma questão de pesquisa específica.	Buscar evidências a um determinado tema específico de pesquisa ou área de tópico, ou fenômeno de interesse.
Busca agregar resultados sobre a efetividade de um tratamento, intervenção ou tecnologia.	Busca tentar fornecer uma visão geral de uma determinada área de pesquisa.

De acordo com (KITCHENHAM, 2004) uma revisão sistemática da literatura é um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma determinada pergunta de pesquisa ou área de tópico, ou fenômeno de interesse. Ela resume os estágios de uma revisão sistemática em três fases principais: planejamento da revisão, realização da revisão e apresentação dos resultados da revisão sistemática.

Como foi citado anteriormente, um estudo de mapeamento sistemático é diferente de um estudo convencional de revisão da literatura. Para o desenvolvimento desta pesquisa a metodologia utilizada foi a de mapeamento sistemático da literatura. Portanto, com o intuito de apresentar um detalhamento maior sobre a metodologia utilizada logo abaixo apresentamos algumas características de estudos de revisão sistemática da literatura citadas por (KITCHENHAM, 2004):

- As revisões sistemáticas iniciam pela definição de um protocolo de avaliação da pesquisa e os métodos que serão utilizados para realizar a avaliação;
- Uma estratégia de busca é definida, para que possa ser detectado uma grande parte da literatura relevante possível;
- As estratégias de buscas são documentadas para que o leitor possa ter acesso e verificar o seu rigor e completude;
- Critérios de inclusão e exclusão são requeridos para avaliar o potencial de cada estudo primário;
- As informações obtidas de cada estudo primário são especificadas, incluindo os critérios de qualidade que permitam avaliar cada estudo;
- Uma revisão sistemática é um pré-requisito para meta-análise quantitativa.

Um mapa sistemático da Engenharia de Software é um método definido para construir um esquema de classificação e estrutura de um campo da Engenharia de Software de interesse (PETERSEN et al., 2008). Os passos essenciais do processo da realização de um estudo de

mapeamento sistemático são as definições das questões de pesquisa, que irão conduzir a busca de documentos mais relevantes, seleção dos artigos, palavras chaves dos resumos, extração dos dados e mapeamento. Cada etapa do processo tem um resultado, e o resultado final do processo é o mapa sistemático (PETERSEN et al., 2008).

2.2 CIDADES INTELIGENTES

2.2.1 Definições de Cidades Inteligentes

Após realizar uma pesquisa exploratória na literatura, identificamos várias definições para o conceito de Cidades Inteligentes, onde vários aspectos característicos são informados, como mobilidade, governança, participação da sociedade, entre outros. No entanto, o uso da tecnologia da informação é sempre incluído nas definições dos autores, assim, a seguir, apresentamos algumas das definições encontradas na literatura:

"A smart city is a well defined geographical area, in which high technologies such as ICT, logistic, energy production, and so on, cooperate to create benefits for citizens in terms of well being, inclusion and participation, environmental quality, intelligent development; it is governed by a well defined pool of subjects, able to state the rules and policy for the city government and development"(DAMERI, 2013, p. 2549)

"A smarter city infuses information into its physical infrastructure to improve conveniences, facilitate mobility, add efficiencies, conserve energy, improve the quality of air and water, identify problems and fix them quickly, recover rapidly from disasters, collect data to make better decisions and deploy resources effectively, and share data to enable collaboration across entities and domains. Its operations are instrumented and guided by performance metrics, with interconnections across sectors and silos."(KANTER; LITOW, 2009, p. 2)

"Smart cities are those that are combining ICT and Web 2.0 technology with other organizational, design and planning efforts to de-materialize and speed up bureaucratic processes and help to identify new, innovative solutions to city management complexity, in order to improve sustainability and "liveability"."(TOPPETA, 2010, p. 4)

A partir da literatura examinada, encontramos as definições apresentadas acima. É possível observar que alguns pontos comuns são relatados pelos autores. Por exemplo, notamos que nas definições, o uso de (1) tecnologias de informação e comunicação é muito comum, assim como os autores relatam que as soluções propostas para uma Cidade Inteligente devem considerar (2) melhorar a qualidade de vida para seus cidadãos. Também é possível identificar os relatos

sobre os (3) aspectos governamentais que devem permitir melhorias na gestão da cidade, facilitando e acelerando os processos existentes, o que pode ser muito burocrático. Estamos cientes de que existem outras definições para Cidades Inteligentes, mas neste trabalho usamos esses três pontos como base para o nosso estudo.

2.2.2 Características de Cidades Inteligentes

Como já relatado no capítulo 1 deste estudo por (FOSTER, 1990), o conceito de Cidades Inteligentes não é algo relativamente novo, entretanto com o passar dos anos cada vez mais cresce o interesse por este tema. Para que as cidades consigam se tornar mais inteligentes é necessário investimento dos setores governamentais em aspectos humanos e sociais, infraestrutura e tecnologias da informação (CARAGLIU; BO; NIJKAMP, 2011). Contudo também é necessária a participação e colaboração dos cidadãos para que a cidade consiga "funcionar" de forma inteligente.

A iniciativa Cidades Inteligentes do IEEE¹ identifica e desenvolve práticas de domínios funcionais e de sistemas que dentre eles compreendem a estrutura de Cidades Inteligentes. Algumas das características identificadas que uma Cidade Inteligente deve possuir ou tentar melhorar são listadas logo abaixo:

- Mobilidade Inteligente
- Economia Inteligente
- Energia Inteligente
- Ambiente Inteligente
- Vida Inteligente
- Governo Inteligente

Para que as características citadas acima aconteçam é necessária a integração efetiva da sociedade, governo e da utilização de tecnologias favoráveis para o gerenciamento e utilização de recursos da cidade. O estudo de (LOMBARDI et al., 2012) propõe um modelo para medir a inteligência da cidade, onde foi realizado uma análise profunda de inter relações entre os principais componentes que uma cidade inteligente deve possuir, conectando a universidade, indústria, sociedade civil e o governo. O autor define essas quatro agências citadas anteriormente como as principais no processo de criação e capitalização do conhecimento para a criação e também o gerenciamento adequado para uma Cidade Inteligente. O modelo pode ser operacionalizado a partir das quatro agencias e relacionando as mesmas com as dimensões relatadas pelo estudo como as principais para uma Cidade Inteligente, que são elas: Economia

¹ <<http://smartcities.ieee.org>>

Inteligente, Mobilidade Inteligente, Ambiente Inteligente, Pessoas Inteligentes, Vida Inteligente e Governança Inteligente.

Na Tabela 2 são apresentadas algumas características e suas respectivas associações no processo de criação de capitalização do conhecimento que foram identificados no trabalho de (LOMBARDI et al., 2012):

Tabela 2 – Características Identificadas e Relacionamentos

Característica	Relacionamento
Governança Inteligente	Relacionada à participação
Capital Humano Inteligente	Relacionado com pessoas
Ambiente Inteligente	Relacionado a recursos naturais
Vida Inteligente	Relacionada à qualidade de vida
Economia Inteligente	Relacionada à competitividade

No trabalho de (SU; LI; FU, 2011) o autor trata sobre a relação entre Cidade Inteligente e Cidade Digital, focando principalmente em das dificuldades no processo de construção de uma Cidade Inteligente, bem como também a importância da sua construção, ele relata que geralmente a construção de uma Cidade Inteligente pode ser dividida em três níveis que são:

- Construção da infra-estrutura pública para a Cidade Inteligente
- Construção de uma plataforma pública para a Cidade Inteligente
- Construção de sistemas no contexto de Cidades Inteligentes

O autor ainda define alguns pontos chave no processo de construção e gerenciamento de uma Cidade Inteligente que são (1) o gerenciamento, integração e liberação de dados espaciais-temporais urbanos massivos, (2) informações de espaço-tempo em larga escala e serviços eficientes, (3) modelo de Dados de Sensores heterogêneos e expressão de IoT, (4) tecnologia de análise inteligente e suporte à tomada de decisão e por fim (5) possuir serviços de informações sonoras e mecanismo de política compartilhada e proteção legal. Para cada ponto chave são relatadas algumas possíveis dificuldades a serem enfrentadas. Na Tabela 3 são apresentadas essas possíveis dificuldades.

2.2.3 Projetos de Cidades Inteligentes

Um conhecido projeto de Cidade Inteligente é o SmartSantander,² desenvolvido na cidade de Santander, na Espanha. Neste projeto, vários sensores de IoT foram implantados, fornecendo uma grande infraestrutura para coletar informações relevantes por meio de um cenário de teste, também conhecido como teste de leito. Cenário de teste significa um ambiente de laboratório padronizado que é usado para testar novos sistemas (BALLON; PIERSON; DELAERE, 2005).

² <<http://www.smartsantander.eu>>

Tabela 3 – Pontos Chaves e Respectivas Possíveis Dificuldades

Pontos Chaves	Possíveis Dificuldades
Gerenciamento, Integração e Liberação de Dados Espaciais-Temporais Urbanos Massivos	Avanço da integração de informações urbanas heterogêneas.
Informações de Espaço-Tempo em Larga Escala e Serviços Eficientes	Gerenciamento e coordenação dos equipamentos com varias estruturas e distribuição de áreas amplas.
Modelo de Dados de Sensores Heterogêneos e Expressão de Internet das Coisas (IoT)	Construção de modelos, tendo em vista que as demandas de plataformas de sensores, mecanismos de observação, processos, informações de localização e requisitos técnicos são diferentes.
Tecnologia de Análise Inteligente e Suporte à Tomada de Decisão	Definir uma compreensão da semântica dos dados espaço-temporais e extrair novos conhecimentos baseados em dados de ciclo específicos e dados em tempo real.
Serviços de Informações Sonoras e Mecanismo de Política Compartilhada e Proteção legal	Conseguir o compartilhamento de informações e a troca de informações entre o tráfego, a segurança pública e outros departamentos.

O *test-bed* Santander consiste em 10 implementações de estudo de caso que possuem um monitoramento ambiental que consiste em aproximadamente 2000 dispositivos de IoT em postes de iluminação pública que fornecem dados diferentes, como ruído, temperatura, iluminação e sensores de presença. Além disso, a gestão de estacionamentos externos utilizando 400 sensores de estacionamento enterrados sob o asfalto nos principais estacionamentos da cidade, tem como objetivo detectar vagas de estacionamento vazias.

Uma extensão denominada monitoramento ambiental móvel, utilizou sensores instalados em 150 veículos públicos com o objetivo de coletar dados em vários pontos da cidade. A intensidade do tráfego também foi monitorada com 60 dispositivos localizados em pontos estratégicos nas entradas da cidade para medir os principais aspectos relacionados ao trânsito. Em alguns cruzamentos das ruas existem painéis que informam os espaços de estacionamento disponíveis. Parques e irrigação dos jardins também foram monitorados com 50 dispositivos para coleta de dados.

A realidade aumentada foi utilizada em pontos de interesse da cidade, com tags RFID e QR code. O sensoriamento participativo também foi considerado, com usuários usando telefones celulares para enviar dados relevantes para a plataforma SmartSantander. Eles também experimentaram transceptores, onde os pesquisadores podem realizar testes em seus experimentos,

como técnicas de mineração de dados e protocolos de roteamento.

Finalmente, também houve experimentação no nível de serviço, o que difere do anterior, no sentido de que dados que não são disponibilizados pela experimentação nativa podem ser oferecidos aos pesquisadores para o desenvolvimento de novos serviços. O cenário de teste do SmartSantander permite a entrega e a experimentação de serviços simultaneamente, no entanto, o projeto não processa ou armazena os dados gerados, o que representa um desafio para seu uso em sistemas no contexto de Smart City em que seja necessário a análise de algum determinado histórico de dados.

O trabalho de Dameri (DAMERI, 2013) investigou sistemas de IoT. Um ponto que foi fortemente enfatizado no estudo foi a dificuldade de manter a escalabilidade durante o processo de desenvolvimento. Eles relatam que testar tais sistemas em um ambiente controlado pode não ser suficiente para entendê-los e os avaliar. Como solução proposta, eles propõem uma plataforma de simulação para testar e depurar sistemas antes que a solução seja implantada. A proposta se concentra no teste de sistemas de IoT com um grande número de dispositivos desenvolvidos para ambientes urbanos. Para a plataforma, os autores definem três vantagens principais: a capacidade de simular sistemas de grande escala, maximizar a reutilização de código e, finalmente, a alta generalidade de nós simulados.

Nos Emirados Árabes Unidos, existe um projeto chamado Masdar City (MASDAR, 2018), que está sendo construído para ser uma referência em sustentabilidade e tecnologia. Um dos objetivos deste projeto é testar iniciativas desenvolvidas para o contexto das Cidades Inteligentes, com particular ênfase no uso de fontes de energia renováveis. Durante o ano de 2018, em parceria com uma empresa de veículos elétricos, a cidade está sendo usada como laboratório vivo para uma iniciativa de direção autônoma, aumentando ainda mais o portfólio de iniciativas no contexto das Cidades Inteligentes. A cidade ainda está em processo de desenvolvimento, com vários outros projetos que provavelmente surgirão no contexto das Cidades Inteligentes, e a previsão para a conclusão geral deste projeto é estimada em 2025.

O município de West Hollywood é uma pequena cidade localizada no sul da Califórnia, com cerca de 35.000 habitantes. A cidade opera uma iniciativa de teste, que é usada para testar sistemas desenvolvidos no contexto de Cidades Inteligentes, contando com cinco áreas principais: *sustentabilidade, mobilidade, acesso a dados do governo, resiliência e transparência*. A cidade também desenvolveu o plano estratégico "WeHo Smart City" para ajudar as cidades a integrarem melhor os sistemas desenvolvidos para Smart Cities e tornar as cidades mais inteligentes (WEST, 2018).

2.3 INTERNET DAS COISAS

O termo Internet das Coisas não é mais uma novidade, começou a surgir em torno de 1999 através do pesquisador britânico Kevin Ashton com o desenvolvimento de um projeto em uma linha de produção de uma empresa com o objetivo de melhorar a logística da mesma através da utilização de identificadores de radiofrequência (ASHTON et al., 2009).

A Internet das Coisas hoje já é uma realidade, a cada dia novas implantações são realizadas em varias áreas do planeta, proporcionando o compartilhamento de informações, avanços no setor industrial e a melhora da qualidade vida das pessoas que se beneficiam com as tecnologias desenvolvidas no contexto de Cidades Inteligentes (MALÓ et al., 2013). A partir da sua capacidade de atuação descentralizada, a Internet das Coisas vem proporcionando vários modelos de negócios para a sociedade, como aluguel de dispositivos, venda e/ou aluguel de dados provido de sensores, dentre outras (SILVA; MALÓ, 2014). Portanto é notável que essas tecnologias precisam ser devidamente validadas e também é necessário proporcionar garantias de que vão funcionar corretamente, como exemplo, a preocupação com os aspectos físicos do local onde vão estar instaladas. Com esta necessidade diversos testbeds vem sendo desenvolvidos em vários lugares do mundo, podendo proporcionar a verificação e experimentação e também a pesquisa e desenvolvimento de novas soluções baseadas em Internet das Coisas (GLUHAK et al., 2011). Os testbeds propostos devem tentar ser capaz de proporcionar a experimentação, avaliação de vários casos de uso, teste de usabilidade de serviços e testes de estabilidade técnica, para ser possível realizar as devidas validações nas soluções propostas (PATEL et al., 2017).

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foi apresentada a fundamentação teórica utilizada durante esta pesquisa. Apresentamos alguns artefatos da pesquisa científica empirica, do estudo de mapeamento sistemático da literatura, algumas definições de Cidades Inteligentes encontradas na literatura e por fim alguns trabalhos relacionados ao contexto desta pesquisa. Este trabalho utilizou a metodologia de estudo de Mapeamento Sistemático da Literatura para catalogar as estratégias de testes para sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, descrevemos o detalhamento das etapas do processo metodológico aplicado nesta pesquisa. O objetivo principal deste capítulo é possibilitar confiança e credibilidade deste estudo de mapeamento sistemático da literatura. Este capítulo está organizado da seguinte forma:

Classificação da Pesquisa - É apresentada a classificação científica da metodologia aplicada.

Etapas da Pesquisa - É apresentada cada etapa da metodologia que foi aplicada nesta pesquisa.

Considerações Finais do Capítulo - É apresentado um breve resumo dos tópicos apresentados neste capítulo.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Em termos de método, esta pesquisa adota a abordagem indutiva baseada em dados de natureza qualitativa onde esses dados foram coletados através de um estudo de mapeamento sistemático da literatura. Na Tabela 4 é apresentado um quadro metodológico resumido da pesquisa.

Tabela 4 – Classificação da Pesquisa

Quadro Metodológico	
Metodologia de Abordagem	Indutivo
Metodologia de Procedimento	Estudo de Mapeamento Sistemático da Literatura
Natureza dos Dados	Dados Qualitativos

O método de abordagem indutiva, segundo (LAKATOS, 2010) é um processo que a partir de dados particulares e que sejam suficientemente constatados, é inferida uma verdade geral ou universal, não contida nas partes examinadas, para este processo (LAKATOS, 2010) recomendam três etapas principais que são:

Observação dos Fenômenos: Para esta etapa o objetivo principal é tentar descobrir as causas da sua manifestação.

Descoberta do relacionamento: Busca-se descobrir a relação constante por intermédio da comparação.

Generalização do relacionamento: Nesta etapa ocorre a generalização entre os fenômenos e fatos semelhantes.

A pesquisa desenvolvida neste trabalho pode ser caracterizada como exploratória, considerando que a pesquisa exploratória estabelece métodos, técnicas e critérios e visa fornecer informações relevantes sobre o tema de pesquisa (BERVIAN; CERVO; SILVA, 2002).

3.2 ETAPAS DA PESQUISA

3.2.1 Etapa de Definição da Pesquisa

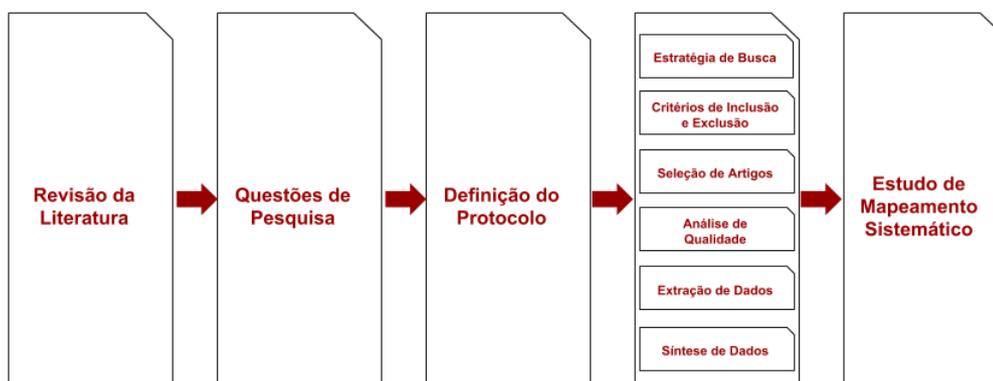
Para o desenvolvimento desta pesquisa, a metodologia adotada foi a de um mapeamento sistemático da literatura, é importante mencionar que os pesquisadores participantes da pesquisa científica já possuíam uma certa experiência no desenvolvimento e aplicação das técnicas utilizadas nesta metodologia de pesquisa. (PETERSEN et al., 2008) define o mapeamento sistemático como um método de busca para construir uma classificação de um campo particular da área de interesse pesquisada.

Na metodologia de mapeamento sistemático, as questões de pesquisa são mais amplas e gerais quando comparadas com aquelas encontradas nas revisões sistemáticas de literatura (SLRs) (KITCHENHAM, 2004)(BUDGEN; BRERETON, 2006).

3.2.2 Ciclo da Pesquisa

Com o objetivo de desenvolver uma pesquisa científica confiável, estruturamos o nosso estudo de mapeamento sistemático da literatura seguindo o guideline apresentado por (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Na Figura 1 é apresentado um esboço do ciclo de pesquisa que foi aplicado durante todo o processo metodológico realizado neste estudo.

Figura 1 – Ciclo da Pesquisa



3.2.2.1 Definição do Protocolo

Para a correta implementação desta metodologia e com o intuito de tentar reduzir o máximo possível de viés para esta pesquisa e também possibilitar a transparência dos procedimentos adotados em cada etapa, um protocolo foi definido seguindo as diretrizes apresentadas por (KITCHENHAM, 2004) e (PETERSEN et al., 2008). O protocolo que foi definido pode ser visualizado na Apêndice A.

3.2.2.2 Questões de Pesquisa

De acordo com o contexto apresentado nesta pesquisa, o problema de pesquisa identificado e abordado neste trabalho está relacionado à ausência de informações sobre quais estratégias de teste são utilizadas nos sistemas desenvolvidos no contexto das Cidades Inteligentes. Para tentarmos conseguir solucionar o problema de pesquisa identificado definimos a seguinte questão de pesquisa com as suas respectivas subquestões:

QP1 - *Quais são as estratégias utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto das Cidades Inteligentes?*

A fim de ajudar a responder a esta questão de pesquisa, elaboramos as seguintes perguntas específicas apresentadas a seguir:

QP1.1 *Existe algum padrão de teste adotado pelos desenvolvedores para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes?*

QP1.2 *Quais são as dificuldades identificadas pelos desenvolvedores para testar sistemas desenvolvidos para o contexto das Cidades Inteligentes?*

3.2.2.3 Estratégia de Busca

Nós seguimos a abordagem (BUDGEN; BRERETON, 2006) para usar operadores booleanos AND e OR para ajudar a construir strings de busca. A Tabela 5 mostra os mecanismos usados na etapa de busca automática da pesquisa. É importante ressaltar que os motores foram selecionados com base em sua relevância para a comunidade de pesquisa e na disponibilidade para realizar os downloads dos trabalhos selecionados.

Tabela 5 – Fontes de Buscas na Literatura

Fonte de Buscas	Link
ACM Digital Library	https://dl.acm.org
IEEE Digital Library	https://ieeexplore.ieee.org
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/
Scopus	https://www.scopus.com/
EI Compendex	https://www.engineeringvillage.com/
Springer Link	http://www.springer.com.br/

Após vários testes, definimos uma string de pesquisa que é apresentada a seguir. Alguns ajustes foram necessários para obter o maior número possível de trabalhos relevantes para este estudo científico. É importante observar que alguns ajustes de formatação de sintaxe foram aplicados à string de acordo com as regras do mecanismo de pesquisa.

application AND ("Smart City"OR "Smart Cities") AND test

3.2.2.4 Critérios de Inclusão e Exclusão

Do conjunto inicial de 2.414 artigos, selecionamos artigos que apresentam estratégias, conceitos, diretrizes, discussões e lições aprendidas utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto das Cidades Inteligentes. Foram excluídos os estudos que não satisfizeram nenhum dos sete Critérios de exclusão (CE) que são mostrados a seguir:

EC01 Escrito em qualquer idioma, exceto inglês.

EC02 Não acessível na Web.

EC03 Trabalhos convidados, discursos principais, relatórios de oficinas, livros, teses e dissertações.

EC04 Documentos incompletos, rascunhos, slides de apresentações e resumos estendidos.

EC05 Abordando outras áreas além da ciência da computação.

EC06 Artigos que não apresentam nenhum tipo de descoberta ou discussão sobre estratégias usadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.

EC07 Estudos não acessíveis.

3.2.3 Seleção dos Estudos

A etapa de seleção dos estudos primários foi realizada por dois pesquisadores, trabalhando de forma independente. Nesta etapa, selecionamos os estudos lendo o título, resumo e palavras-chave. A Tabela 6 apresenta os resultados da pesquisa automática executada neste mapeamento.

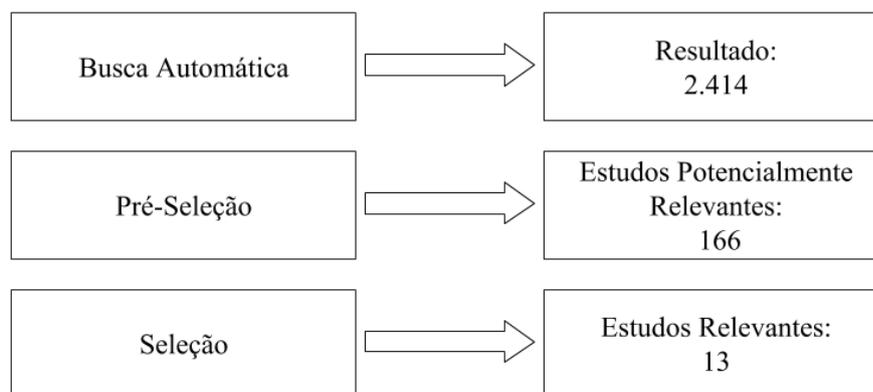
Tabela 6 – Fontes de Buscas e Resultados Correspondentes

Fonte de Buscas	Número de Artigos
ACM Digital Library	159
IEEE Digital Library	330
ScienceDirect	883
Scopus	121
EI Compendex	276
Springer Link	645
	2414

Nesta etapa, foram selecionados 166 artigos para continuar no estágio de seleção do mapeamento. Após a realização da fase de seleção dos estudos, cada pesquisador aplicou o critério de exclusão (EC06) para manter apenas os artigos que contêm informações relevantes para responder a pelo menos uma das questões de pesquisa. Nesta fase, foram excluídos artigos que tratam de temas diferentes da pesquisa realizada neste estudo. Resultados duplicados também foram excluídos. Quando foi identificado que um estudo foi publicado em mais de um evento (conferência ou revista), uma revisão foi realizada nas publicações para fins de extração de dados. Concluímos a etapa de seleção com 13 artigos. Para resolver os desacordos e conflitos

entre os dois pesquisadores durante a fase de seleção, foram realizadas reuniões de consenso. A Figura 2 ilustra o estágio de seleção dos artigos.

Figura 2 – Estratégia de Buscas - Seleção dos Artigos



3.2.4 Avaliação da Qualidade

Para cada estudo que foi selecionado neste mapeamento sistemático da literatura, foi realizado uma avaliação da sua qualidade com o intuito de poder classificar e apresentar uma visão sobre a qualidade da pesquisa realizada em cada estudo selecionado, como é proposto por (KITCHENHAM, 2004) que considera a avaliação da qualidade dos estudos primários uma etapa importante no mapeamento sistemático da literatura.

A escala *Likert-5* que possibilita respostas de caráter gradativo foi utilizada no processo de avaliação de qualidade dos estudos, os níveis de concordância e discordância são:

- **Concordo totalmente (CT):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo apresente os critérios que atendam totalmente a questão.
- **Concordo parcialmente (CP):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo apresente os critérios que atendam parcialmente a questão.
- **Neutro (N):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo não deixe claro os critérios da questão.
- **Discordo parcialmente (DP):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo não apresente os critérios que atendam parcialmente a questão.
- **Discordo totalmente (DT):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo não apresente nada relacionado aos critérios que atendam parcialmente a questão.

Foram definidas algumas perguntas para realizar a avaliação dos estudos primários, as perguntas foram definidas com o objetivo de tentar identificar os pontos chaves de cada estudo

Tabela 7 – Avaliação da Qualidade do Estudos

Perguntas
O estudo foi bem estruturado?
O tipo de estudo está bem definido?
Os objetivos e/ou questões de pesquisa foram claramente definidos e apresentados?
O estudo apresenta a descrição do contexto no qual a pesquisa foi realizada?
Houve uma descrição adequada da metodologia utilizada?
Os resultados foram claramente apresentados?
As conclusões obtidas no estudo foram bem fundamentadas?
As ameaças à validade do estudo foram abordadas e bem apresentadas?
O estudo conseguiu fornecer valor relevante para a pesquisa ou a prática?

que foi selecionado nesta pesquisa. As perguntas que foram definidas podem ser visualizadas na Tabela 7.

3.2.5 Extração de Dados

Após a seleção final, os pesquisadores, trabalhando independentemente, iniciaram o processo de extração de dados relevantes de cada artigo selecionado. Eles analisaram cada artigo para preencher as informações do formulário, conforme descrito a seguir na Tabela 8.

Durante o processo de extração de dados, foram realizadas reuniões para esclarecer conflitos e divergências entre pesquisadores, visando melhorar a precisão do processo e, conseqüentemente, a confiabilidade dos dados extraídos.

Tabela 8 – Formulário de Extração dos Dados

Data	Description
Título	Título do Artigo.
Ano	Ano da publicação do artigo.
Objetivo do Estudo	Principal objetivo da pesquisa analisada.
Motivação do Estudo	Motivação para testar os sistemas.
Teste	Estratégias, conceitos, diretrizes, discussões, lições aprendidas usadas para testar sistemas.
Evidência	Evidência de uso de testes.

3.2.6 Síntese dos Dados

Para sintetizar os dados obtidos, realizamos os seguintes passos:

Identificar estratégias de teste: Para cada artigo que foi selecionado no mapeamento, procuramos identificar relatórios de uso de estratégias de testes que foram descritas pelo autor.

Identificar Evidências do Uso do Teste: Com base nos relatórios de uso de teste em artigos selecionados, tentamos identificar evidências de implementação e teste.

Agrupar as estratégias de testes: Após obter as informações descritas acima, agrupamos as estratégias de testes utilizadas pelos autores em sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.

3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo, a metodologia que aplicada nesta pesquisa foi apresentada, como também o protocolo de pesquisa que foi definido e utilizado também foi descrito.

A partir desta metodologia que foi aplicada espera-se conseguir a validade científica necessária para possibilitar a confiabilidade dos resultados apresentados nesta pesquisa científica.

4 RESULTADOS

Este capítulo tem como objetivo apresentar as informações obtidas na etapa de execução do mapeamento sistemático da literatura, apresentando as análises e discussões dos resultados obtidos nesta pesquisa. Os tópicos apresentados neste capítulo são:

- **Análise Geral** - Nesta seção é apresentada uma análise geral dos resultados obtidos com a realização do estudo de mapeamento sistemático da literatura.
- **Estratégias de Teste** - Apresentamos as evidências coletadas sobre o uso de estratégias de teste em sistemas desenvolvidos no contexto de Cidades Inteligentes.
- **Discussão dos Resultados** - Apresentamos uma breve discussão sobre o tema da pesquisa, tanto para a pesquisa científica, como também para a indústria.

4.1 ANÁLISE GERAL

Neste estudo de mapeamento sistemático da literatura, foi realizada a análise em 13 estudos primários. Com o intuito de obter o maior número possível de artigos relacionados ao tema da pesquisa, não foi determinado um limite de período de publicação. O processo de seleção ocorreu durante o período de setembro de 2017 até março de 2018. A Tabela 9 resume os artigos analisados em ordem cronológica de publicação. Para cada artigo selecionado foi determinado uma referência de identificação com a sigla TS (Trabalho Selecionado) mais uma identificação numérica.

4.1.0.1 Avaliação da Qualidade

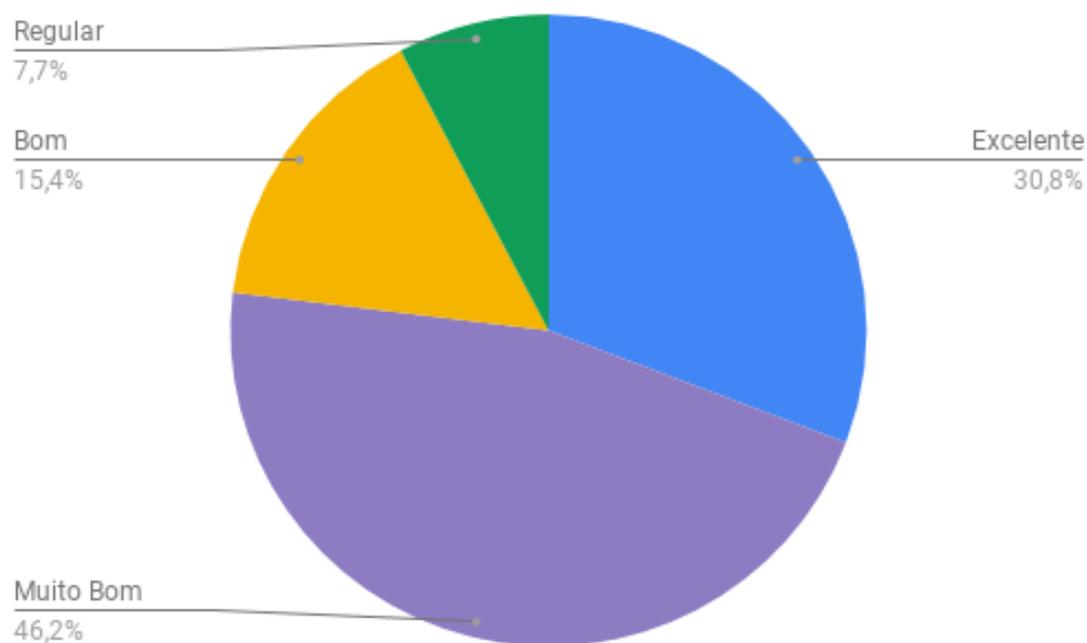
Após a seleção dos estudos primários relevantes para a pesquisa, a etapa de avaliação de qualidade dos mesmos foi realizada. Conforme já apresentado no capítulo referente a metodologia desta pesquisa, as perguntas definidas para a avaliação foram conduzidas sobre cada estudo com o objetivo de determinar a credibilidade dos métodos utilizados e também dos resultados obtidos de cada estudo.

A partir desta etapa de avaliação da qualidade foi possível determinar o percentual de qualidade dos estudos através da média obtida das respostas da avaliação de qualidade de cada artigo selecionado, então foi determinado uma escala numérica com intervalo de 1 até 5 para classificar a qualidade os artigos, a escala foi definida com as seguintes distribuições de valores: 4.5 até 5 o artigo foi considerado excelente, 4 até 4.5 considerado muito bom, 3 até 4 considerado bom, 2 até 3 considerado regular e 1 até 2 considerado ruim. Na Figura 3 é apresentado o resultado percentual quantitativo da avaliação dos estudos selecionados.

Tabela 9 – Resumo dos Artigos Seleccionados

Título	Ano	Ref.
Streaming the Sound of Smart Cities: Experimentations on the SmartSantander test-bed	2013	(PHAM; COUSIN, 2013)
SmarSantander: IOT experimentation over a smart city testbed	2014	(SANCHEZ et al., 2014)
TRESCIMO: European Union and South African Smart City Contextual Dimensions	2015	(COETZEE et al., 2015)
A Testbed for SCADA Cyber Security and Intrusion Detection	2015	(SINGH et al., 2015)
Test of New Control Strategies for Room Temperature Control Systems Detection	2015	(Kopmann; Streblow; Müller, 2015)
Designing a smart city playground: real-time air quality measurements and visualization in the City of Things testbed	2016	(BRAEM et al., 2016)
A Framework for IoT Service Experiment Plataforms in Smart-City Environments	2016	(Hamalainen; Tyrvaainen, 2016)
Living Labs for Smart Cities	2016	(LARIOS et al., 2016)
Lessons from SmartCampus: External Experimenting with User-Centric Internet-of-Things Testbed	2017	(NATI et al., 2017)
Living Lab Bamberg: an infrastructure to explore smart city research challenges in the wild	2017	(BENABBAS et al., 2017)
Design of large scale network simulator using device emulator for Internet of Things	2017	(Kim; Kim; Kim, 2017)
IoTbed: A Generic Architecture for testbed as a Service for Internet of Things-Based Systems	2017	(HOSSAIN et al., 2017)
Poster Abstract: An Open Smart City IoT Test Bed	2017	(AMRUTUR et al., 2017)

Figura 3 – Percentual de Qualidade do Quantitativo dos Estudos Seleccionados

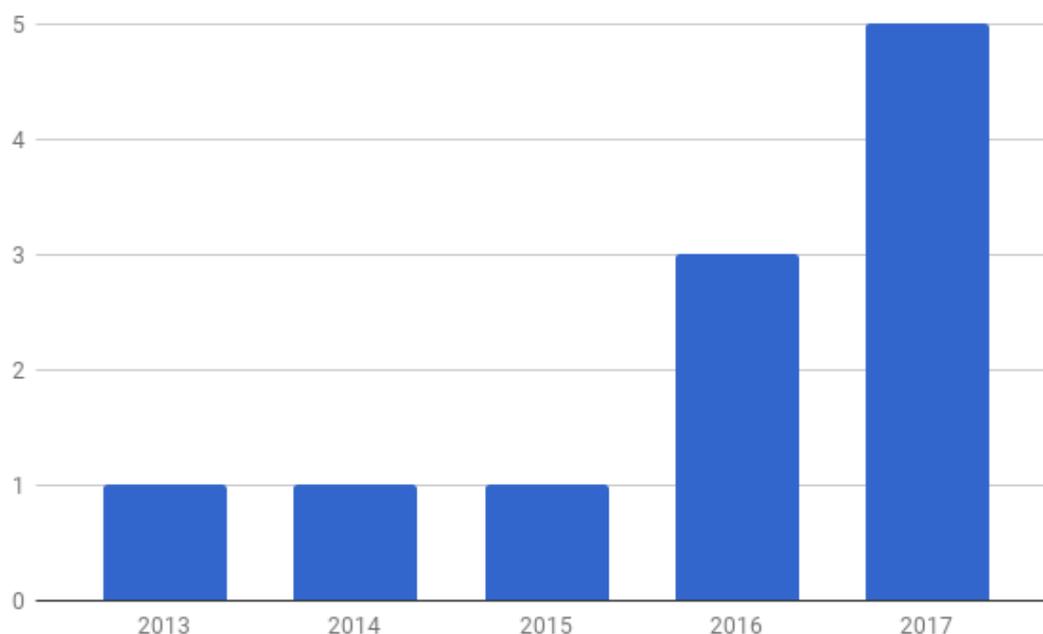


4.1.0.2 Distribuição Temporal

A partir dos artigos selecionados para este mapeamento sistemático da literatura, realizamos uma análise temporal de publicação dos artigos afim de tentar identificar um possível interesse em pesquisas científicas no contexto deste estudo.

Uma distribuição temporal dos artigos selecionados para este mapeamento é apresentada na Figura 4, onde podemos observar um pequeno aumento no número de estudos durante a evolução temporal. Podemos observar também que 41,67 % dos estudos selecionados ((NATI et al., 2017), (BENABBAS et al., 2017), (Kim; Kim; Kim, 2017) e (AMRUTUR et al., 2017)) são recentes, publicados em 2017.

Figura 4 – Distribuição Temporal dos Estudos Primários



4.2 ESTRATÉGIAS DE TESTE

Nesta seção, apresentamos as evidências coletadas sobre o uso de estratégias de teste em sistemas desenvolvidos no contexto de cidades inteligentes, seguindo as questões de pesquisa que foram decididas para esta pesquisa.

QP1 - Quais são as estratégias usadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes?

Para responder a essa questão de pesquisa, analisamos todos os estudos selecionados buscando evidências do uso de estratégias de teste realizadas pelos autores. Os resultados estão resumidos na Tabela 10.

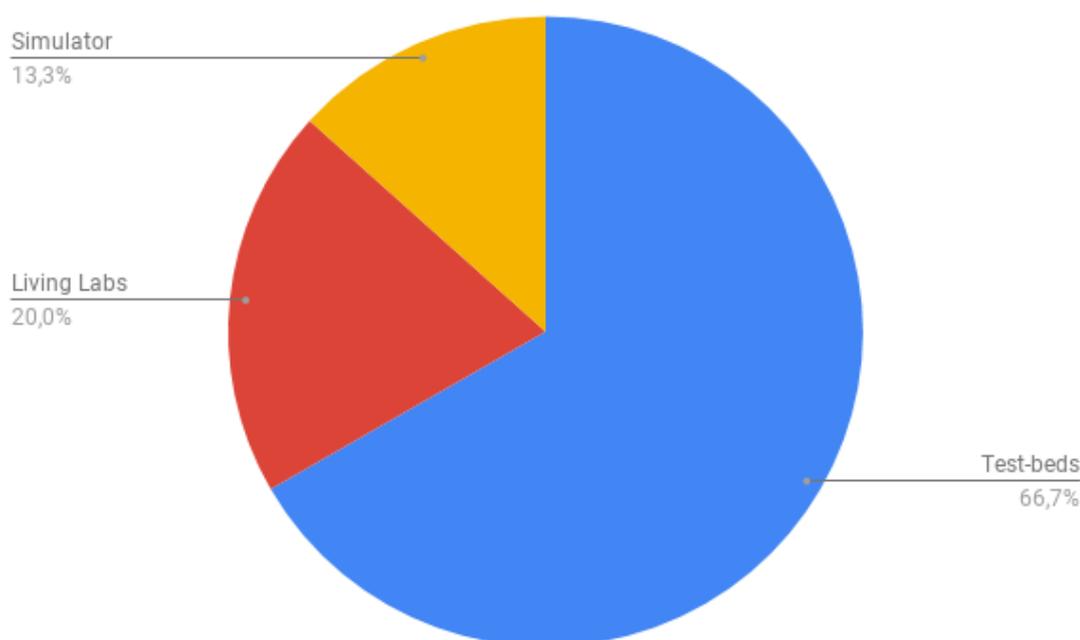
Tabela 10 – Estratégias de Testes e Fontes de Evidências

Estratégia de Teste	Evidência
Test-bed	(PHAM; COUSIN, 2013) - (SANCHEZ et al., 2014) (NATI et al., 2017) - (HOSSAIN et al., 2017) (COETZEE et al., 2015) - (BRAEM et al., 2016) (SINGH et al., 2015) - (LARIOS et al., 2016) (AMRUTUR et al., 2017) - (Kopmann; Streblow; Müller, 2015)
Living Labs	(BENABBAS et al., 2017) - (Hamalainen; Tyrvaainen, 2016) (LARIOS et al., 2016)
Simulator	(Kim; Kim; Kim, 2017) - (SINGH et al., 2015)

Após a realização da análise nos trabalhos selecionados, conseguimos identificar 3 estra-

tégias comuns de teste que são relatadas pelos trabalhos selecionados. Estas são estratégias utilizadas para verificar e validar soluções desenvolvidas para o contexto particular das Cidades Inteligentes. É provável que outras estratégias de teste usadas em projetos tradicionais de desenvolvimento de software, como testes de unidade, também possam ser usadas em tais projetos. Na Figura 5 é ilustrada a distribuição percentual dos relatos das estratégias de testes que foram identificadas nos estudos selecionados.

Figura 5 – Distribuição Percentual dos Estudos Primários Selecionados



Percebemos que a maioria dos artigos informa sobre o desenvolvimento e uso de infraestrutura de testes experimentais para a realização de pesquisas e experimentos de arquiteturas, serviços e sistemas de IoT no contexto de alguma cidade. Estes são comumente conhecidos como Test-beds, que são plataformas que possibilitam a verificação e experimentação de projetos utilizando um ambiente quase-realidade (BARREIROS et al., 2011).

Um Test-bed conhecido é o da cidade de Santander, relatado nos artigos (PHAM; COUSIN, 2013) e (SANCHEZ et al., 2014). Os autores do estudo (Kopmann; Streblov; Müller, 2015) usam a mesma estratégia, mas adotando uma terminologia diferente, a de Test-bench. Eles definem um *bench* de testes para desenvolver e realizar testes para controlar a temperatura ambiente. A partir do *test-bench*, é possível testar o sistema de aquecimento de um apartamento em um ambiente controlável sob condições de contorno dinâmico.

A partir dos relatórios sobre esses artigos, não identificamos uma diferença significativa entre as estratégias de *test-beds* e *test-bench*. Acreditamos que é apenas uma questão de terminologia entre os dois termos e que as duas estratégias são equivalentes.

De acordo com (SCHUMACHER; FEURSTEIN; GSCHWEIDL, 2009), A partir de 2003, o conceito de *Living Labs* tem sido usado como uma estratégia para combinar o governo, a academia

e a indústria para desenvolver soluções em certas áreas de uma cidade. No (LARIOS et al., 2016), o foco principal do *Living Labs* para Cidades Inteligentes na Universidade de Guadalajara foi gerar métricas que podem ser usadas para avaliar o desempenho de uma cidade com base na infraestrutura atual e propor soluções inovadoras usando Tecnologias da Informação.

O principal objetivo do *Living Labs* apresentado pelo (BENABBAS et al., 2017) é fornecer uma infra-estrutura aberta para pesquisa em sistemas desenvolvidos com base em sensores, proporcionando aos pesquisadores a possibilidade de desenvolver, testar e avaliar os sistemas desenvolvidos.

O foco principal no desenvolvimento de *test-beds* é a criação de plataformas de verificação e experimentação com máxima aproximação da realidade. A estratégia da *Living Labs* vem com o propósito de tentar conectar os aspectos governamentais, a academia e também a indústria. Também considera o desenvolvimento de plataformas para testar as soluções propostas para o contexto das Cidades Inteligentes.

O artigo do (Kim; Kim; Kim, 2017) propõe o uso da estratégia de uma arquitetura de simulador para testar e depurar algoritmos de sistemas IoT antes que eles sejam implantados no ambiente real. O foco do simulador está na emulação de um sistema de grande escala e de ambientes de rede propostos para realizar testes de interação que ocorrem no sistema IoT.

O trabalho (SINGH et al., 2015) relata os impactos catastróficos que podem ocorrer no caso de ataques a infraestruturas inteligentes de tráfego. Também indica como muitas vezes é inviável melhorar os testes de ataque e as estratégias de mitigação em redes reais. A solução proposta é um banco de testes simulado que simula um gerador de tráfego para realizar testes de ataque à rede, fornecendo uma análise de intrusão do sistema. Os autores relatam que esta solução pode ajudar os pesquisadores a estudar o impacto de diferentes cenários de ataque e testar novas soluções de segurança.

A estratégia de usar a simulação para executar a validação e a experimentação nas soluções propostas é semelhante às abordagens dos *test-beds* e dos *living Labs*. No entanto, entendemos que a principal diferença está relacionada à questão da criação de ambientes próximos à realidade. Por exemplo, no estudo TS07, os autores relatam que o simulador é capaz de fornecer infraestrutura para testar e depurar facilmente algoritmos de sistemas antes que eles sejam implantados em um ambiente real. Portanto, tal estratégia pode não se limitar a uma solução específica, como vemos na maioria dos *test-beds* observados neste estudo de mapeamento.

Outra diferença está relacionada à questão da escalabilidade. Ainda no estudo TS07, autores afirmam que a arquitetura desenvolvida para o simulador se concentra em sistemas de larga escala, fornecendo ambientes simulados para a realização de testes de interação dentro do sistema. Portanto, é importante levar em conta essas diferenças ao decidir qual estratégia escolher, com base nas necessidades específicas do projeto. Por meio das necessidades e requisitos de cada solução, os desenvolvedores podem verificar qual estratégia se encaixa melhor, evitando possíveis problemas nos processos de verificação e experimentação.

Pelo que identificamos nos artigos selecionados neste mapeamento sistemático, as estraté-

gias identificadas tendem a preparar um ambiente de verificação e experimentação tão próximo da realidade quanto necessário para as soluções que são desenvolvidas. No entanto, observamos que não foi possível identificar um padrão a ser adotado para o desenvolvimento de estratégias de teste para soluções no contexto de Cidades Inteligentes.

QP1.1 Existe algum padrão de teste adotado pelos desenvolvedores para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes?

Depois de coletar evidências de testes para sistemas desenvolvidos no contexto de Cidades Inteligentes, conseguimos identificar as estratégias listadas anteriormente. No entanto, embora haja uma semelhança em termos das estratégias usadas, não conseguimos detectar ou identificar algum tipo de padrão de teste a ser seguido pelos pesquisadores ou desenvolvedores de tais sistemas. Isso se deve principalmente ao fato de que a maioria das estratégias de teste é desenvolvida para um contexto específico que não é garantido para ser reutilizado em outro sistema. Outra observação relevante é que o investimento financeiro na maioria dos casos se limita à duração do projeto e não visa a continuidade após a conclusão do projeto, causando uma parada no desenvolvimento da estratégia de teste e potencialmente reduzindo os incentivos para o desenvolvimento de estratégias que podem ser posteriormente reutilizadas em outros contextos.

QP1.2 Quais são as dificuldades identificadas pelos desenvolvedores para testar sistemas desenvolvidos para o contexto das Cidades Inteligentes?

Durante o processo de análise dos estudos, pudemos identificar alguns dos desafios e dificuldades relacionados aos testes relatados pelos autores em suas pesquisas. Alguns destes desafios e dificuldades estão relacionadas à criação de testes para sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes. Alguns desses relatos são apresentados a seguir:

"...new technologies and solution-optimisations are constrained in terms of applicability to the context under which they have been tested..."(SINGH et al., 2015, p. 218)

...there is a need for a test bed, which can enable exploration and experimentation..."(AMRUTUR et al., 2017, p. 323)

"...Creating Internet-of-Things (IoT) solutions that can be deployed at scale requires adequate experimentation environments..."(NATI et al., 2017, p. 709)

"...Experimenting on live systems is generally not advisable and impractical as this may deem the system unstable. Such situation calls for the need of an experimental setup equivalent or quite close to the real scenario for development and testing of security solutions.... "(Kopmann; Streblov; Müller, 2015, p. 1)

"...The challenge for many smart-city test and experimentation platforms (TEPs), like living labs, has been the lack of sustainable value creation model... "(Hamalainen; Tyrvaïnen, 2016, p. 1)

"...Developing Smart Cities solutions faces the challenge of validating prototypes with respect to the following criteria: scalability, interoperability, modularity, resiliency, and security.... "(LARIOS et al., 2016, p. 1)

Com base nesses relatos, podemos observar que testar tais sistemas ainda é um desafio. Há uma necessidade recorrente de ambientes de teste e experimentação, e a dificuldade inerente de testar tais sistemas de larga escala em termos de escalabilidade, segurança e outros aspectos não funcionais também representa um desafio, já que geralmente é desaconselhável realizar testes nos sistemas reais enquanto estão em produção.

Na seção seguinte, discutimos possíveis implicações para a pesquisa e a prática industrial relacionadas aos nossos resultados.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Durante o processo de análise dos artigos, notamos que a maioria dos trabalhos relatam a necessidade de elaborar estratégias e ambientes de testes que suportem diferentes sistemas desenvolvidos no contexto das Cidades Inteligentes.

No entanto, também percebemos que não há um padrão a ser seguido pelos desenvolvedores, porque geralmente as estratégias de teste usadas foram desenvolvidas para um caso específico e não continuam após a conclusão do projeto.

4.3.1 Implicações para Pesquisa Científica

Nesta seção, discutimos as implicações desse estudo de mapeamento sistemático da literatura para futuras pesquisas de engenharia de software.

A partir dos resultados deste estudo, foi possível identificar alguns desafios enfrentados pelos desenvolvedores para testar sistemas no contexto das Cidades Inteligentes e espera-se que essas discussões que serão apresentadas instiguem os pesquisadores a desenvolverem mais pesquisas científicas relacionadas ao contexto deste estudo.

Com base nas respostas da QP1.2, observamos que um dos principais desafios para os desenvolvedores é que os sistemas são desenvolvidos para domínios específicos e restritos. Além disso, eles estão limitados ao contexto em que foram testados, como relatado pelo (BENABBAS et al., 2017). Um desafio de pesquisa considerável seria tentar desenvolver padrões e estratégias de testes que não se limitem a uma solução específica, mas que possam ser reutilizados em outras soluções desenvolvidas no contexto das Cidades Inteligentes.

É o caso de que, embora cada sistema tenha seu próprio conjunto de recursos específicos, em muitos casos existem padrões recorrentes relacionados a esses recursos, como o uso de tecnologias de localização. Portanto, uma direção para esse desafio seria ter pelo menos uma estrutura de teste que pudesse abstrair esses recursos comuns, que poderiam ser instanciados para cada sistema de Cidades Inteligentes específico.

Além de considerar propriedades funcionais, também temos o desafio de contexto limitado relacionado a aspectos não funcionais de tais sistemas. Por exemplo, o trabalho do (LARIOS et al., 2016) relata a dificuldade de validar protótipos de acordo com alguns critérios, como escalabilidade, interoperabilidade, modularidade, resiliência e segurança. Para tentar cobrir esses critérios, é necessário ter ou desenvolver testes que atendam a essas necessidades. No estudo (NATI et al., 2017), é relatado que, para criar soluções de IoT em larga escala, é necessário ter ambientes de experimentação adequados para as soluções desenvolvidas. A partir do conhecimento de que os cinco critérios citados acima são dificuldades enfrentadas para realizar a validação de protótipos de soluções, surge a necessidade de desenvolver estudos científicos que possam direcionar os desenvolvedores a desenvolver estratégias de testes que possam cobrir tais critérios não-funcionais.

O estudo (HOSSAIN et al., 2017) levanta uma questão bastante interessante para pesquisas futuras: como um pesquisador de dispositivos IoT com recursos restritos pode desenvolver e testar seus sistemas baseados em IoT sem fazer um investimento significativo na compra e manutenção de um grande número de dispositivos de IoT? Vimos que outra dificuldade é a falta ou continuidade de recursos para os desenvolvedores, fazendo com que muitas plataformas experimentais pereçam os fins de financiamento externo, como relata o estudo (Hamalainen; Tyrvaïnen, 2016).

Na pesquisa apresentada por (NATI et al., 2017), algumas propriedades desejáveis para as estratégias de teste são apresentadas e podem servir de motivação para novas pesquisas científicas. A seguir, apresentamos as necessidades:

- *Realismo do ambiente experimental.*
- *Heterogeneidade de dispositivos IoT.*
- *Envolvimento do usuário final*

Portanto, através dos resultados apresentados neste estudo, esperamos motivar os pesquisadores, por meio desses relatos, a realizar pesquisas científicas neste contexto, fornecendo dados relevantes para os desenvolvedores de sistemas voltados ao contexto de Cidades Inteligentes utilizarem em suas aplicações.

4.3.2 Implicações para Prática Industrial

Nesta seção, discutimos as implicações desse estudo de mapeamento sistemático da literatura para práticas industriais voltadas ao contexto deste estudo.

As implicações para a prática industrial que este estudo pode oferecer são apresentadas de duas formas. Primeiro, a escolha de uma estratégia de teste adequada para a solução que foi desenvolvida. Com base nas estratégias comuns relatadas em nossos resultados, os desenvolvedores já têm uma orientação inicial sobre a tomada de decisões, em termos de como eles podem escolher uma estratégia de teste específica a ser adotada para os sistemas que foram desenvolvidos no contexto das Cidades Inteligentes.

Nesta seção de resultados, apresentamos as estratégias relatadas pelos trabalhos que foram selecionados no mapeamento. Com base nesses resultados, os desenvolvedores podem economizar o tempo de pesquisa bibliográfica para tentar encontrar dados relevantes que ajudem na escolha do processo de teste. Isso também pode depender diretamente da cultura adotada para cada empresa. Por exemplo, se a empresa tem a cultura de buscar informações na literatura, nosso trabalho pode servir como uma boa fonte de dados para direcionar essa pesquisa e, potencialmente, ajudar a definir o processo de teste que pode ser adotado na empresa.

Em segundo lugar, nosso estudo também pode colaborar no desenvolvimento de estratégias de teste. Uma das nossas questões de pesquisa é tentar identificar as dificuldades enfrentadas pelos desenvolvedores para testar os sistemas desenvolvidos no contexto das Cidades Inteligentes. A partir de nossos resultados relacionados a esta questão de pesquisa, quando uma determinada empresa desenvolve uma estratégia de teste, ela pode levar em conta as dificuldades já relatadas pelos desenvolvedores que estão listadas em nossos resultados. Desta forma, pode poupar tempo e reduzir custos financeiros no processo de desenvolvimento e também evitar possíveis falhas que poderiam acontecer se não houvesse o conhecimento prévio das dificuldades já existentes para esses processos de testes.

Esperamos que as informações apresentadas neste estudo possam ser utilizadas para colaborar com as práticas industriais de sistemas no contexto de Cidades Inteligentes existentes.

4.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

Neste capítulo foram discutidos os resultados adquiridos nesta pesquisa, após execução das atividades para extrair os resultados, foi possível identificar as lacunas e evidências sobre as estratégias de testes para sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes.

A partir os resultados deste estudo, espera-se contribuir com a comunidade científica e industrial através dos resultados mapeados. No próximo capítulo será apresentado as considerações finais desta pesquisa científica.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, é apresentado as considerações finais deste trabalho de dissertação. Inicialmente será apresentado o tópico que trata sobre as possíveis limitações e ameaças a validade do estudo que foram identificadas durante a realização do estudo, logo após é apresentado os trabalhos futuros que foram propostos a partir deste trabalho e, por fim, e as conclusões obtidas com a pesquisa.

5.1 LIMITAÇÕES E AMEAÇAS A VALIDADE

Para a realização deste mapeamento sistemático da literatura, que são baseadas nas diretrizes apresentadas por (BUDGEN; BRERETON, 2006), no estudo de ameaças à validade do (TEIXEIRA; FONSECA; SOARES, 2018) e também as quatro principais ameaças à validade apresentado por (WOHLIN et al., 2012) que são: interna, externa, construção e conclusão.

Validade interna: Os níveis de habilidade no desenvolvimento do mapeamento sistemático da literatura podem ser considerados uma ameaça à validade interna da pesquisa. Na tentativa de evitar essa ameaça, várias reuniões de planejamento de pesquisa foram realizadas. Outra ameaça à validade interna a ser considerada é a comunicação entre os pesquisadores. Procuramos evitar isso, por ter pesquisadores trabalhando de forma independente nos estágios de seleção, extração e análise, para que os resultados fossem posteriormente mesclados, com possíveis divergências discutidas. O número de pesquisadores participantes deste estudo também é uma ameaça a ser considerada, uma vez que a participação de mais pesquisadores poderia oferecer uma ampla variedade de opiniões em reuniões de consenso nas etapas de seleção, extração e análise do estudo.

Validade externa: Para mitigar a generalização dos resultados obtidos neste estudo, tentamos evitar algumas ameaças. Primeiramente, consideramos o uso de seis mecanismos de busca e também não restringimos o tempo de publicação dos estudos para tentar coletar o número máximo de artigos relevantes para a busca. Outra ameaça está relacionada à cadeia de pesquisa usada nos mecanismos de pesquisa. Ao tentar reduzir esse risco, realizamos alguns refinamentos na string. Por exemplo, realizamos alguns testes com a inclusão de mais termos na string de pesquisa, como o termo "Intelligent Cities". No entanto, o número de artigos recuperados não foi relevante em relação à cadeia de pesquisa utilizada neste estudo. No entanto, acreditamos que pode haver necessidade de mais refinamentos na cadeia para tentar melhorar os resultados obtidos.

Validade de Constructo: Podemos considerar como uma ameaça para construir validade a definição de nossa estratégia de busca. A fim de reduzir o risco dessa ameaça, seguimos os passos relatados por (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007), buscando estudos derivados de nossa questão de pesquisa e também estudando outros mapeamentos sistemáticos já publicadas na

literatura.

Validade de conclusão: Para os resultados obtidos neste estudo, uma ameaça à validade de conclusão está relacionada ao fato de que nossos resultados ainda não foram aplicados em algum cenário possível ou em algum sistema de Cidade Inteligente. Outra questão é que, não havendo outros estudos de mapeamento nesse contexto que estamos cientes, nossos resultados não foram confrontados com outros resultados de outros estudos.

5.2 CONCLUSÕES

As atividades de teste de sistemas são muito importante no processo de desenvolvimento de software. Quando ignoradas, as consequências podem ser dispendiosas e, muitas vezes, levar a problemas consideráveis, como retrabalho no processo de desenvolvimento de sistemas. Portanto, considerando o fato de que o desenvolvimento de sistemas para o contexto de Cidades Inteligentes ainda é um desenvolvimento recente na prática industrial e de pesquisa científica, neste estudo realizamos um mapeamento sistemático da literatura sobre as estratégias de testes utilizadas em sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes. Obtivemos no processo de buscas automáticas mais de 2.000 estudos primários e destes selecionamos 13 estudos relevantes para realizar nossa pesquisa.

A partir dos resultados de nosso estudo, mapeamos evidências de estratégias de testes utilizadas nos sistemas, principalmente em Test-beds, Living-Labs e Simuladores para realizar experimentação e verificação em soluções desenvolvidas no contexto de Cidades Inteligentes. Identificamos também, através dos relatórios das obras selecionadas, que não há padrão definido de estratégias de teste a serem seguidas pelos desenvolvedores para o desenvolvimento de testes. Por fim, apresentamos também as dificuldades relatadas pelos autores relacionadas ao teste de sistemas desenvolvidos para o contexto das Cidades Inteligentes. Esperamos que a partir das contribuições proporcionadas por esta pesquisa científica, desenvolvedores e pesquisadores possam utilizá-las na indústria e também dar continuidade na pesquisa acadêmica para avançar o conhecimento cada vez mais sobre testes em sistemas no contexto de Cidades Inteligentes.

5.3 TRABALHOS FUTUROS

Discutimos as possíveis implicações desta pesquisa para futuras pesquisas científicas, propondo tópicos para os pesquisadores realizarem estudos para aprofundar o conhecimento sobre estratégias de testes para sistemas no contexto de Cidades Inteligentes. Também discutimos as implicações para a prática industrial, relatando os benefícios que nosso estudo poderia oferecer aos desenvolvedores no processo de teste para esses sistemas.

Esperamos que os resultados deste estudo contribuam para pesquisas futuras sobre esse tema e que também possam beneficiar profissionais do setor no processo de teste de sistemas no contexto de Cidades Inteligentes.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, algumas oportunidades futuras de trabalho podem ser citadas como forma de contribuir para o aprimoramento de pesquisas relacionadas a esse contexto, tais como: (1) realização de um estudo de caso de nossos resultados em sistemas reais no contexto de Cidades Inteligentes através das aplicações existentes no projeto Engenharia de Software para Cidades Inteligentes (ESCI_n), PRONEX-FACEPE-APQ 0388-1.03/14, do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Engenharia de Software (INES); (2) estender esse mapeamento sistemático da literatura considerando uma cadeia de pesquisa mais ampla e outros mecanismos de busca; e (3) avaliar nossos resultados através de uma replicação desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMRUTUR, B.; RAJARAMAN, V.; ACHARYA, S.; RAMESH, R.; JOGLEKAR, A.; SHARMA, A.; SIMMHAN, Y.; LELE, A.; MAHESH, A.; SANKARAN, S. An open smart city iot test bed: street light poles as smart city spines. In: ACM. *Proceedings of the Second International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation*. [S.l.], 2017. p. 323–324.
- ANTHOPOULOS, L. G. Understanding the smart city domain: A literature review. In: *Transforming city governments for successful smart cities*. [S.l.]: Springer, 2015. p. 9–21.
- ARKSEY, H.; O'MALLEY, L. Scoping studies: towards a methodological framework. *International journal of social research methodology*, Taylor & Francis, v. 8, n. 1, p. 19–32, 2005.
- ASHTON, K. et al. That 'internet of things' thing. *RFID journal*, Jun, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009.
- BALLON, P.; PIERSON, J.; DELAERE, S. Test and experimentation platforms for broadband innovation: Examining european practice. 2005.
- BARREIROS, E.; ALMEIDA, A.; SARAIVA, J.; SOARES, S. A systematic mapping study on software engineering testbeds. In: IEEE. *Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), 2011 International Symposium on*. [S.l.], 2011. p. 107–116.
- BASIL, V. R.; SHULL, F.; LANUBILE, F. Building knowledge through families of experiments. *IEEE Transactions on Software Engineering*, IEEE, v. 25, n. 4, p. 456–473, 1999.
- BENABBAS, A.; ELMAMOOZ, G.; LAGESSE, B.; NICKLAS, D.; SCHMID, U. Living lab bamberg: an infrastructure to explore smart city research challenges in the wild. *KI-Künstliche Intelligenz*, Springer, v. 31, n. 3, p. 265–271, 2017.
- BERVIAN, P. A.; CERVO, A. L.; SILVA, R. d. Metodologia científica. *São Paulo: Pretence Hall*, p. 482–493, 2002.
- BRAEM, B.; LATRÉ, S.; LEROUX, P.; DEMEESTER, P.; COENEN, T.; BALLON, P. Designing a smart city playground: Real-time air quality measurements and visualization in the city of things testbed. In: IEEE. *Smart Cities Conference (ISC2), 2016 IEEE International*. [S.l.], 2016. p. 1–2.
- BRIAND, L.; NEJATI, S.; SABETZADEH, M.; BIANCULLI, D. Testing the untestable: model testing of complex software-intensive systems. In: ACM. *Proceedings of the 38th international conference on software engineering companion*. [S.l.], 2016. p. 789–792.
- BUDGEN, D.; BRERETON, P. Performing systematic literature reviews in software engineering. In: *Proceedings of the 28th International Conference on Software Engineering*. New York, NY, USA: ACM, 2006. (ICSE '06), p. 1051–1052. ISBN 1-59593-375-1. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1134285.1134500>>.
- CARAGLIU, A.; BO, C. D.; NIJKAMP, P. Smart cities in europe. *Journal of urban technology*, Taylor & Francis, v. 18, n. 2, p. 65–82, 2011.

- COCCHIA, A. Smart and digital city: A systematic literature review. In: *Smart city*. [S.l.]: Springer, 2014. p. 13–43.
- COETZEE, L.; SMITH, A.; RUBALCAVA, A. E.; CORICI, A. A.; MAGEDANZ, T.; STEINKE, R.; CATALAN, M.; PARADELLS, J.; MADHOO, H.; WILLEMSE, T. et al. Trescimo: European union and south african smart city contextual dimensions. In: IEEE. *Internet of Things (WF-IoT), 2015 IEEE 2nd World Forum on*. [S.l.], 2015. p. 770–776.
- COSTA, A.; TEIXEIRA, L. Testing strategies for smart cities applications: A systematic mapping study. In: *Proceedings of the III Brazilian Symposium on Systematic and Automated Software Testing*. New York, NY, USA: ACM, 2018. (SAST '18), p. 20–28. ISBN 978-1-4503-6555-0. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3266003.3266005>>.
- DAMERI, R. P. Searching for smart city definition: a comprehensive proposal. *International Journal of Computers & Technology*, v. 11, n. 5, p. 2544–2551, 2013.
- FOSTER, M. S. *Cities of Tomorrow: An Intellectual History of Urban Planning and Design in the Twentieth Century*. [S.l.]: JSTOR, 1990.
- GIANNI, F.; DIVITINI, M. Technology-enhanced smart city learning: a systematic mapping of the literature. *IxD&A*, v. 27, p. 28–43, 2015.
- GLUHAK, A.; KRICO, S.; NATI, M.; PFISTERER, D.; MITTON, N.; RAZAFINDRALAMBO, T. A survey on facilities for experimental internet of things research. *IEEE Communications Magazine*, v. 49, n. 11, p. 58–67, 2011.
- Hamalainen, M.; Tyrvaïnen, P. A framework for iot service experiment platforms in smart-city environments. In: IEEE. *Smart Cities Conference (ISC2), 2016 IEEE International*. [S.l.], 2016. p. 1–8.
- HOSSAIN, M.; NOOR, S.; KARIM, Y.; HASAN, R. Iotbed: A generic architecture for testbed as a service for internet of things-based systems. In: IEEE. *Internet of Things (ICIOT), 2017 IEEE International Congress on*. [S.l.], 2017. p. 42–49.
- KANTER, R. M.; LITOW, S. S. Informed and interconnected: A manifesto for smarter cities. 2009.
- Kim, B.; Kim, H.; Kim, S. Design of large scale network simulator using device emulator for internet of things. In: IEEE. *Advanced Communication Technology (ICACT), 2017 19th International Conference on*. [S.l.], 2017. p. 855–857.
- KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. *Keele, UK, Keele University*, v. 33, n. 2004, p. 1–26, 2004.
- KITCHENHAM, B. A.; CHARTERS, S. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. 2007.
- Kopmann, N.; Streblow, R.; Müller, D. Test of new control strategies for room temperature control systems. In: SCITEPRESS-SCIENCE AND TECHNOLOGY PUBLICATIONS, LDA. *Proceedings of the 4th International Conference on Smart Cities and Green ICT Systems*. [S.l.], 2015. p. 277–282.
- LAKATOS, E. Fundamentos de metodologia científica. *Fundamentos de metodologia científica. Atlas*, 2010.

- LARIOS, V. M.; GOMEZ, L.; MORA, O. B.; MACIEL, R.; VILLANUEVA-ROSALES, N. Living labs for smart cities: A use case in guadalajara city to foster innovation and develop citizen-centered solutions. In: IEEE. *Smart Cities Conference (ISC2), 2016 IEEE International*. [S.l.], 2016. p. 1–6.
- LOMBARDI, P.; GIORDANO, S.; FAROUH, H.; YOUSEF, W. Modelling the smart city performance. *Innovation: The European Journal of Social Science Research*, Taylor & Francis, v. 25, n. 2, p. 137–149, 2012.
- MALÓ, P. et al. Deliverable d3. 1b roadmaps for iot deployments, fp7-288315 probe-it. *Pursuing ROadmaps and BEnchmarks for the Internet of Things*, 2013.
- MASDAR. *Masdar City Masdar City project*. 2018. Disponível em: <<http://www.masdar.ae>>.
- NATI, M.; GLUHAK, A.; DOMASZEWICZ, J.; LALIS, S.; MOESSNER, K. Lessons from smartcampus: external experimenting with user-centric internet-of-things testbed. *Wireless Personal Communications*, Springer, v. 93, n. 3, p. 709–723, 2017.
- PATEL, P.; DAVE, J.; DALAL, S.; PATEL, P.; CHAUDHARY, S. A testbed for experimenting internet of things applications. *arXiv preprint arXiv:1705.07848*, 2017.
- PETERSEN, K.; FELDT, R.; MUJTABA, S.; MATTSSON, M. Systematic mapping studies in software engineering. In: *EASE*. [S.l.: s.n.], 2008. v. 8, p. 68–77.
- PETTICREW, M.; ROBERTS, H. Systematic reviews in the social sciences: a practical guide. 2006. *Malden USA: Blackwell Publishing CrossRef Google Scholar*.
- PHAM, C.; COUSIN, P. Streaming the sound of smart cities: Experimentations on the smartsantander test-bed. In: IEEE. *Green Computing and Communications (GreenCom), 2013 IEEE and Internet of Things (iThings/CPSCoM), IEEE International Conference on and IEEE Cyber, Physical and Social Computing*. [S.l.], 2013. p. 611–618.
- SANCHEZ, L.; MUÑOZ, L.; GALACHE, J. A.; SOTRES, P.; SANTANA, J. R.; GUTIERREZ, V.; RAMDHANY, R.; GLUHAK, A.; KRICO, S.; THEODORIDIS, E. et al. Smartsantander: lot experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks*, Elsevier, v. 61, p. 217–238, 2014.
- SCHUMACHER, J.; FEURSTEIN, K.; GSCHWEIDL, M. Technology roadmap for living labs. In: *Handbook of Research on Social Dimensions of Semantic Technologies and Web Services*. [S.l.]: IGI Global, 2009. p. 838–864.
- SILVA, E. M.; MALÓ, P. Iot testbed business model. *Advances in Internet of Things*, Scientific Research Publishing, v. 4, n. 04, p. 37, 2014.
- SINGH, P.; GARG, S.; KUMAR, V.; SAQUIB, Z. A testbed for scada cyber security and intrusion detection. In: IEEE. *Cyber Security of Smart Cities, Industrial Control System and Communications (SSIC), 2015 International Conference on*. [S.l.], 2015. p. 1–6.
- SU, K.; LI, J.; FU, H. Smart city and the applications. In: IEEE. *Electronics, Communications and Control (ICECC), 2011 International Conference on*. [S.l.], 2011. p. 1028–1031.
- TEIXEIRA, E.; FONSECA, L.; SOARES, S. Threats to validity in controlled experiments in software engineering - what the experts say and why this is relevant. *Brazilian Symposium On Software Engineering*, 2018.

TOPPETA, D. The smart city vision: how innovation and ict can build smart, “livable”, sustainable cities. *The Innovation Knowledge Foundation*, v. 5, p. 1–9, 2010.

TRINDADE, E. P.; HINNIG, M. P. F.; COSTA, E. M. da; MARQUES, J. S.; BASTOS, R. C.; YIGITCANLAR, T. Sustainable development of smart cities: A systematic review of the literature. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, v. 3, n. 1, p. 11, 2017.

WEST. *West Hollywood West Hollywood the creative city*. 2018. Disponível em: <<http://www.weho.org>>.

WOHLIN, C.; RUNESON, P.; HÖST, M.; OHLSSON, M. C.; REGNELL, B.; WESSLÉN, A. *Experimentation in software engineering*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2012.

APÊNDICE A – PROTOCOLO DO MAPEAMENTO SISTEMÁTICO

A.1 INTRODUÇÃO

De acordo com kitchenham2004procedures uma revisão sistemática da literatura é um meio de identificar, avaliar e interpretar todas as pesquisas disponíveis relevantes para uma determinada pergunta de pesquisa ou área de tópico, ou fenômeno de interesse. Ele resume os estágios de uma revisão sistemática em três fases principais: planejamento da revisão, realização da revisão e apresentação dos resultados da revisão sistemática.

Um estudo de revisão sistemática é diferente de uma estudo convencional de revisão da literatura, logo abaixo será apresentado algumas características de uma revisão sistemática citadas por (KITCHENHAM, 2004):

- As revisões sistemáticas iniciam pela definição de um protocolo de avaliação da pesquisa e os métodos que serão utilizados para realizar a avaliação;
- Uma estratégia de busca é definida, para que possa ser detectado uma grande parte da literatura relevante possível;
- As estratégias de buscas são documentadas para que o leitor possa ter acesso e verificar o seu rigor e completude;
- Critérios de inclusão e exclusão são requeridos para avaliar o potencial de cada estudo primário;
- As informações obtidas de cada estudo primário são especificadas, incluindo os critérios de qualidade que permitam avaliar cada estudo;
- Uma revisão sistemática é um pré-requisito para meta-análise quantitativa.

A.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Para orientar a implementação do mapeamento, determinamos a seguinte questão de pesquisa. O objetivo no final da pesquisa é responder a essa pergunta:

- QP01 - Quais são as estratégias utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de cidades inteligentes?

A fim de ajudar a responder a esta questão de pesquisa, elaboramos as seguintes perguntas específicas apresentadas a seguir:

- QP1.1. Existe algum padrão de teste adotado pelos desenvolvedores para testar aplicativos desenvolvidos para o contexto de cidades inteligentes?

- QP1.2. Quais são as dificuldades identificadas pelos desenvolvedores para testar aplicativos desenvolvidos para o contexto de cidades inteligentes?

Para montar as questões de pesquisa deste estudo utilizamos uma estrutura citada por (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007) que utiliza cinco itens principais que são: população, intervenção, contexto, resultados e comparação.

O item "comparação" não foi utilizado por que os objetivos deste estudo não incluem a comparação entre tópicos específicos.

Para cada pergunta de pesquisa, os elementos estruturais utilizados são apresentados a seguir:

- QP01:
 - **População:** Sistemas de Cidades Inteligentes
 - **Intervenção:** Estratégias Utilizadas para Testar Sistemas
 - **Contexto:** Sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes
 - **Resultado:** Estratégias de Testes
- QP1.1:
 - **População:** Sistemas de Cidades Inteligentes
 - **Intervenção:** Padrão de teste adotado pelos desenvolvedores para testar sistemas
 - **Contexto:** Sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes
 - **Resultado:** Padrões de estratégias de Testes
- QP1.2:
 - **População:** Sistemas de Cidades Inteligentes
 - **Intervenção:** Dificuldades identificadas pelos desenvolvedores para testar sistemas
 - **Contexto:** Sistemas desenvolvidos para o contexto de Cidades Inteligentes
 - **Resultado:** Dificuldades no processo de testar os sistemas

A.3 ESTRATÉGIA DE BUSCAS

A estratégia definida para construir os termos de pesquisa foi baseada na abordagem usada em (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007). Em resumo a estratégia é utilizar os operadores booleanos AND e OR para incorporar sinônimos e integrar termos na string definida com o intuito de buscar o máximo possível de trabalhos relacionado ao termos.

A condução do processo de pesquisa será executada automaticamente em bibliotecas digitais. A Tabela 11 abaixo mostra a lista de bibliotecas digitais a serem usadas na pesquisa automática.

Tabela 11 – Fontes de Buscas

Fonte de Busca	Link
ACM Digital Library	https://dl.acm.org
IEEE Digital Library	https://ieeexplore.ieee.org
ScienceDirect	https://www.sciencedirect.com/
Scopus	https://www.scopus.com/
EI Compindex	https://www.engineeringvillage.com/
Springer Link	http://www.springer.com.br/

Para cada fonte de buscas, adequamos a string de busca para cada syntax correspondente, logo abaixo é apresentado a string de busca adaptada para cada fonte de busca:

- **ACM:** (application +("smart city"OR "smart cities") +test)
- **IEEE:** (((application) AND "smart city"OR "smart cities") AND test)
- **SCIENCE DIRECT:** application AND ("smart city"OR "smart cities") AND test
- **SCOPUS:** application AND ("smart city"OR "smart cities") AND test
- **EI COMPINDEX:** application AND ("smart city"OR "smart cities") AND test
- **SPRINGER LINK:** 'application AND ("smart city"OR "smart cities") AND test'

A.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para identificar estudos primários relevantes para a pesquisa, foram definidos critérios de inclusão e exclusão que são apresentados na Tabela 12 e na Tabela 13 respectivamente.

Tabela 12 – Critérios de Inclusão para Seleção de Artigos

Critério	Descrição
IC01	Estudos sobre estratégias, conceitos, diretrizes, discussões, lições aprendidas utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de cidades inteligentes.

Tabela 13 – Critérios de Exclusão para Seleção de Artigos

Critério	Descrição
EC01	Escrito em qualquer idioma, exceto inglês.
EC02	Não acessível na Web.
EC03	Trabalhos Indisponíveis, palestras, relatórios de oficinas, livros, teses e dissertações.
EC04	Documentos incompletos, rascunhos, slides de apresentações e resumos estendidos.
EC05	Abordando outras áreas além da ciência da computação.
EC06	Artigos que não apresentam nenhum tipo de achados ou discussões sobre estratégias utilizadas para testar sistemas desenvolvidos para o contexto de cidades inteligentes.
EC07	Estudos não acessíveis.

A.5 AVALIAÇÃO DE QUALIDADE

Para a etapa de avaliação de qualidade, cada estudo que foi selecionado nesta revisão sistemática da literatura foi realizado uma avaliação da sua qualidade com o intuito de realizar uma classificação sobre a pesquisa realizada, como é proposto por (KITCHENHAM, 2004) que considera a avaliação da qualidade dos estudos primários uma etapa importante na revisão sistemática da literatura.

A escala *Likert-5* que possibilita respostas de caráter gradativo foi utilizada no processo de avaliação de qualidade dos estudos, os níveis de concordância e discordância são:

- **Concordo totalmente (CT):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo apresente os critérios que atendam totalmente a questão.
- **Concordo parcialmente (CP):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo apresente os critérios que atendam parcialmente a questão.
- **Neutro (N):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo não deixe claro os critérios da questão.
- **Discordo parcialmente (DP):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo não apresente os critérios que atendam parcialmente a questão.

- **Discordo totalmente (DT):** Para este nível de resposta espera-se que o estudo não apresente nada relacionado aos critérios que atendam parcialmente a questão.

Foram definidas algumas perguntas para realizar a avaliação dos estudos primários, as perguntas foram definidas com o objetivo de tentar identificar os pontos chaves de cada estudo que foi selecionado nesta pesquisa. As perguntas que foram definidas podem ser visualizadas na Tabela 14.

Tabela 14 – Avaliação da Qualidade do Estudos

Perguntas
O estudo foi bem estruturado?
O tipo de estudo esta bem definido?
Os objetivos e/ou questões de pesquisa foram claramente definidos e apresentados?
O estudo apresenta a descrição do contexto no qual a pesquisa foi realizada?
Houve uma descrição adequada da metodologia utilizada?
Os resultados foram claramente apresentados?
As conclusões obtidas no estudo foram bem fundamentadas?
As ameaças à validade do estudo foram abordadas e bem apresentadas?
O estudo conseguiu fornecer valor relevante para a pesquisa ou a prática?

A.6 ESTRATÉGIA DE EXTRAÇÃO

Nesta etapa, o objetivo foi definir a estratégia de extração dos dados relevantes a partir dos estudos primários que foram selecionados. Para coletar esses dados uma planilha foi utilizada para servir de instrumento de coleta de dados. A estrutura da planilha utilizada é apresentada na figura abaixo:

Dados	Descrição
ID	
Título	
Ano	
Objetivo	
Motivação	
Estratégias, conceitos, diretrizes, discussões, lições aprendidas usadas para testar sistemas	
Evidências	
Anotações	

A.7 SÍNTESE DOS DADOS COLETADOS

Seguindo as afirmações de (KITCHENHAM; CHARTERS, 2007) a etapa de síntese dos dados pode ser realizada de forma quantitativa e/ou qualitativa, para a análise quantitativa os meta-dados devem ser utilizados principalmente para realização de investigações estatísticas dos estudos que foram selecionados no mapeamento, para a análise qualitativa a partir dos meta-dados coletados deve-se tentar integrar os dados que constituem conclusões com o objetivo de tentar responder as questões de pesquisa do estudo.