

Association for Information Systems

AIS Electronic Library (AISeL)

CAPSI 2022 Proceedings

Portugal (CAPSI)

Fall 11-5-2022

Cloud Computing Applications in Smart Cities

Teofilo Teixeira Branco Junior

Universidade do Minho, teofilotb@hotmail.com

Isabel Celeste M Fonseca

Universidade do Minho, isabel.uminho@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://aisel.aisnet.org/capsi2022>

Recommended Citation

Junior, Teofilo Teixeira Branco and Fonseca, Isabel Celeste M, "Cloud Computing Applications in Smart Cities" (2022). *CAPSI 2022 Proceedings*. 44.

<https://aisel.aisnet.org/capsi2022/44>

This material is brought to you by the Portugal (CAPSI) at AIS Electronic Library (AISeL). It has been accepted for inclusion in CAPSI 2022 Proceedings by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISeL). For more information, please contact elibrary@aisnet.org.

Aplicação da Computação em Nuvem nas Cidades Inteligentes

Cloud Computing Applications in Smart Cities

Teofilo Teixeira Branco Junior, Universidade do Minho, Portugal,teofilob@hotmai.com

Isabel Celeste M Fonseca, Universidade do Minho, Portugal,isabel.uminho@gmail.com

Resumo

O grande desafio das cidades inteligentes é o de controlar e monitorizar uma grande quantidade de dados e informações relacionadas com a tecnologia no ambiente abrangido pelas cidades. Neste cenário de grande profusão de dados, as Nuvens atuam como um hospedeiro de aplicações e gerem bases de dados de alta capacidade, tais como dados de sensores IoT e informações de múltiplas aplicações na interação entre pessoas, entidades e governos. Este artigo aborda as principais aplicações da Computação em Nuvem em um cenário de Smart Cities, considerando aspetos como a sua aplicabilidade e os seus benefícios mais propostos pela comunidade científica. A relevância e contribuição das Nuvens de Computação foi evidenciada através da grande abrangência de sua aplicação ao viabilizar soluções criativas e inteligentes para a gestão e o desenvolvimento das cidades inteligentes. Para realizar este estudo, foi realizada uma revisão da literatura sobre este tema em repositórios de trabalhos científicos.

Palavras-chave: (Cidades Inteligentes; Computação em Nuvem; Dimensões da Cidade Inteligente; Nuvens para Cidades Inteligentes)

Abstract

The great challenge of smart cities is to control and monitor a large amount of data and information related to the technology deployed in the environment covered by the towns. In this scenario of the great profusion of data, the Clouds act as a host of applications and generate high-capacity databases such as IoT sensor data and information from multiple applications in the interaction between people, entities, and governments. This article addresses the leading Cloud Computing applications in a Smart Cities scenario, considering aspects such as its applicability and the benefits most proposed by the scientific community. The relevance and contribution of Computing Clouds was evidenced through the wide scope of its application by creative and intelligent solutions for management and development of smart cities. For this, We conducted a literature review about this topic in repositories of scientific papers.

Keywords: (Cloud Computing; Clouds for Smart Cities; Dimensions of Smart Cities; Smart Cities)

1. INTRODUÇÃO

O paradigma da Computação em Nuvem (Cloud) é bastante explorado na disciplina das Cidades Inteligentes (Smart Cities). A Cloud proporciona a entrega de recursos de hardware e de software através da Internet, a pedido do usuário, especialmente no que diz respeito a capacidade de armazenamento e prestação de serviços (Ramya & Ramya, 2015).

Já o conceito de Smart Cities tem como premissa melhorar a qualidade de vida das pessoas através da interligação de vários serviços através da utilização das tecnologias de informação. Essas tecnologias, chamadas de “inteligentes” promovem serviços baseados na Cloud, nos quais são utilizados desde sensores conectados na Internet a grandes conteúdos informacionais para fornecer suporte e serviços às Smart Cities (Sharif & Pokharel, 2022).

A combinação destas tecnologias propicia uma grande possibilidade de aplicações para contribuir para a melhora de vida da população e para o atendimento das suas demandas. A descoberta destas aplicações é interessante para ajudar a compreender como as nuvens podem contribuir para a evolução do ambiente das Smart Cities. Foi realizada uma revisão da literatura com o propósito de investigar as aplicações propostas e entender como elas podem contribuir para a gestão e o desenvolvimento das Smart Cities.

OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo deste estudo é o de proporcionar ao leitor, um panorama geral para a compreensão das possibilidades de integração entre a Cloud e aplicações desenvolvidas para as Smart Cities a partir das propostas mais comumente encontradas na literatura científica.

Para atingimento deste objetivo, este estudo optou por investigar, através da revisão da literatura, diversas propostas para utilização de nuvens especializadas, a partir das seguintes questões de pesquisa:

- RQ1: Quais são as dimensões de Smart Cities consideradas na Literatura?
- RQ2: Quais são as aplicações propostas para uso da Cloud relacionadas com as Smart Cities?
- RQ3: Em que cidades elas foram aplicadas e quais os recursos de TI envolvidos?

2. METODOLOGIA

Este estudo empregou o Método de Análise de Conteúdo (Kohlbacher, 2006) para realizar a revisão da literatura relacionada ao propósito deste trabalho. Trata-se de um método que pode ser usado tanto com dados qualitativos, quanto quantitativos, de forma indutiva ou dedutiva. Neste caso específico, ele foi empregado para análise e categorização do texto relacionado ao tema de pesquisa, de forma qualitativa (a fim de compreender os dados narrativos) e de forma dedutiva (com o propósito de explicitar o conteúdo das premissas). Para desenvolver o conhecimento sobre o tema através destes prismas, a pesquisa se concentrou nos artigos que combinam as palavras chaves propostas neste artigo para a verificação de sua ocorrência em repositórios de trabalhos científicos. Para isto, foram estabelecidas três etapas de pesquisa: identificação, seleção de literatura e agrupamento de literatura. Cada uma delas é descrita a seguir:

- a) Identificação: Objetiva identificar os estudos direcionados. As palavras chave de pesquisa correspondentes às questões de investigação foram: “*Smart Cities Dimensions*”, “*Clouds in Smart Cities*” e “*Examples of Cloud applications in Smart Cities*” com a utilização de "AND", "OR", no período de 2000 a 2022, no idioma inglês. A pesquisa foi realizada em periódicos científicos como Google Scholar, ScienceDirect, Scopus, Springer Link, ACM Digital Library e IEEEExplore.
- b) Seleção da Literatura: Foram selecionados os artigos que interessavam às questões de pesquisa propostas, tendo como base para esta seleção, a leitura de seus resumos.
- c) Agrupamento da Literatura: Na terceira etapa, os tópicos em discussão foram agrupados. A literatura duplicada foi eliminada.

O desenho esquemático da metodologia de pesquisa adotada neste trabalho é apresentada na Figura 1.

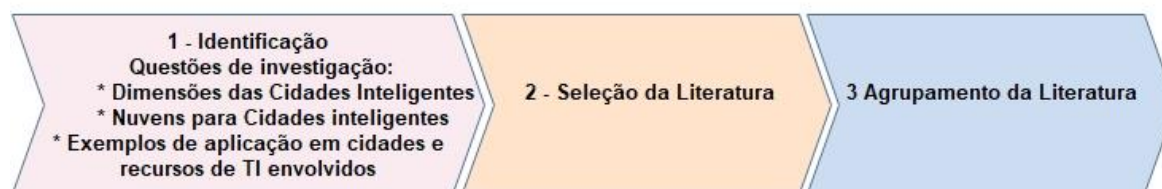


Figura 1 – Método de Análise de Conteúdo da Revisão da Literatura

3. RESULTADOS E ANÁLISE DA LITERATURA

Na etapa de identificação, a pesquisa resultou na seleção de 158 artigos entre periódicos e artigos de conferência que possuíam acesso liberado ao seu texto integral.

O processo de leitura e de avaliação resultou em uma relação de 13 artigos em relação à Dimensão das Smart Cities, 75 artigos em relação à aplicação da Cloud e 15 artigos sobre exemplos de cidades onde foram implementadas as aplicações das Clouds”.

Após o processo de Agrupamento da Literatura, este estudo identificou as seguintes quantidades de artigos: 6 referentes a Dimensões das Smart Cities, 35 referentes a Aplicações das nuvens agrupados em 14 modalidades e 8 artigos referentes a exemplos de aplicações em cidades. A Figura 2 ilustra a quantidade de artigos selecionados na última etapa.

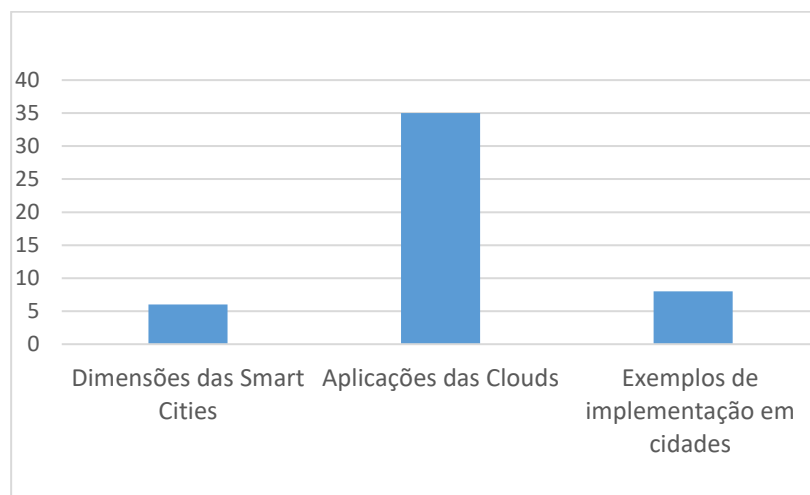


Figura 2 – Quantidade de artigos selecionados

3.1. *Dimensões das Smart Cities*

Este estudo identificou a existência de diversos trabalhos que exploram o tema das dimensões das Smart Cities através do método da Revisão da literatura. Assim, aproveitando os estudos já realizados por outros autores, foram selecionados trabalhos considerados relevantes (Sharif & Pokharel, 2022),(Albino et al., 2015). (Ismagilova et al., 2019), (Georgiadis, Christodoulou, & Zinonos, 2021), (Kasznar et al., 2021).

A maioria das publicações pesquisadas identificam as Smart Cities como sendo compostas por seis dimensões: Economia Inteligente, Governação Inteligente, Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes e Ambiente Inteligente.

A Figura 3 apresenta as dimensões das Smart Cities mais consideradas nos trabalhos de Revisão da Literatura realizados sobre este tema.



Figura 3 – As seis dimensões das Smart Cities.

Estas dimensões baseiam-se respetivamente em teorias relacionadas ao Desenvolvimento Regional, como competitividade, transportes e economia, recursos naturais, humanos e sociais, capital, qualidade de vida, e a participação dos membros da sociedade nas cidades (Albino, 2015).

- a) Economia Inteligente: compreendem as orientações e políticas que inspiram inovação e criatividade em colaboração com a investigação científica, tecnologia avançada, e a atenção do conceito de sustentabilidade ao ambiente. Os autores afirmam que este conceito pode ser alargado incluindo funcionalidades como competitividade, utilização das tecnologias de informação e comunicação no aspeto global da economia. Inclui também a utilização socialmente responsável dos recursos naturais, economia do conhecimento baseada na ciência, indústria, negócios, património cultural, arquitetura, planeamento e desenvolvimento regional.
- b) Governança Inteligente: autores mencionam que a governação das cidades inteligentes está aliada à contribuição para a tomada de decisões no campo dos serviços públicos, serviços sociais, governação transparente, políticas regionais e estratégias locais. Os autores identificam a governação como sendo a coordenação entre os cidadãos e as instituições administrativas. Reforçam que esta governação pode ser alcançada através da fiabilidade, eficiência e eficácia dos serviços prestados aos cidadãos, integrando autoridades públicas, privadas e civis não governamentais. Mencionam também que o uso de serviços de informação baseados na Nuvem podem apoiar a participação, o envolvimento político/social e a partilha de informação na coletividade.
- c) Vida Inteligente: nesta dimensão, são considerados elementos como edifícios e casas inteligentes, educação, e cuidados de saúde e também a consciência social como outro elemento crucial para uma vida inteligente. Os autores descrevem que encontraram em seu trabalho também considerações a respeito da necessidade de estabelecimento de normas e especificações para as aplicações inteligentes a fim de mitigar riscos como ameaças a privacidade e segurança de dados pessoais.
- d) Mobilidade Inteligente: concentram-se nos sistemas e infraestruturas de transporte. Os autores mencionam que as questões comuns nas cidades são problemas de tráfego, tais como congestionamentos, longas filas de espera e atrasos. Eles recomendam que o sistema inteligente deve concentrar-se na utilização de veículos públicos e privados e fornecer escolhas coordenadas para as pessoas facilitarem as suas deslocações. A Internet das Coisas (IoT) é utilizada para recolher dados em tempo real sobre vias e estradas para apoiar a segurança e eficiência do tráfego, a fim de alcançar uma mobilidade inteligente.

- e) Pessoas Inteligentes: a infraestrutura social de uma Smart City está principalmente relacionada com o Capital Humano e o Capital Social. Capital Humano são as capacidades e proficiências de uma pessoa ou de um grupo, enquanto que Capital Social é o número e a qualidade das relações que ligam as organizações sociais. A necessidade de melhor Capital Humano e Social para a inovação e a produtividade é fundamental para as Smart Cities. Incluem-se neste grupo, as atividades desenvolvidas pelas instituições de ensino superior e tecnologias para propiciar o ensino, a aprendizagem e a partilha do conhecimento.
- f) Ambiente Inteligente: inclui melhorias na eliminação de resíduos, controlo da poluição, gestão da energia, redes inteligentes, qualidade do ar e da água, aumento dos espaços verdes, e monitorização das emissões. É fortemente composto por sistemas de circuitos integrados, sensores óticos e de pressão que realizam funções como a identificação e monitorização por radiofrequência em apoio a gestão de um ambiente urbano inteligente. Os dados recolhidos em tempo real ajudam os decisores a otimizar a recolha, reciclagem e triagem de resíduos e sucata. Os autores ilustram que tal entendimento melhorará o processo de tomada de decisão relativamente à estratégia logística da cidade e à estratégia urbana.

3.2.A *Cloud e as suas Aplicações nas Smart Cities*

As Smart Cities propõem transformar a vida urbana com tecnologias digitais, oferecendo novas tecnologias centradas no cidadão e nos serviços públicos, otimizando a utilização dos recursos e reduzindo o impacto da prestação de serviços sobre o meio ambiente. Para este fim, a integração de sistemas de informação e comunicação, sensores com tecnologia IoT e a análise de dados sobre diferentes sistemas e infraestruturas de uma cidade é imprescindível (Talari et al., 2017).

A Cloud tornou-se a principal tecnologia para que as municipalidades se aproximem da realidade inteligente. Graças ao seu elevado potencial em termos de escalabilidade e disponibilidade de recursos, uma Nuvem é capaz de integrar diferentes sistemas de gestão de informação e serviços, fornecendo uma informação integrada ambiente para todas as atividades da cidade. Vários fornecedores podem potencializar os recursos das nuvens para integrar infraestruturas de deteção, processamento ou acionamento e para desenvolver aplicações específicas. As nuvens também permitem implementar soluções interdisciplinares, uma vez que permitem a colaboração e cooperação entre diferentes fornecedores de instalações inteligentes (Maria Fazio, Ranjan, & Villari, 2016), (Wieclaw et al., 2017).

A revisão da Literatura realizada, através deste estudo, identificou 14 aplicações mais propostas para as Nuvens no cenário das Smart Cities. A Tabela 1 relaciona estas propostas de aplicações de Nuvens especializadas com as dimensões das Smart Cities.

APLICAÇÃO DA CLOUD	DIMENSÕES ABRANGIDAS
Nuvens para Mineração de Dados (<i>Data Mining Cloud Framework</i>)	Economia Inteligente, Governança inteligente, Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes, Ambiente Inteligente
Nuvens Governamentais (<i>G-Cloud</i>)	Governança inteligente
Nuvens para Gestão de Grandes Dados (<i>Big Data</i>)	Economia Inteligente, Governança inteligente, Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes, Ambiente Inteligente
Nuvens de Computação de Dados Legislativos (<i>Law-awareness Cloud Computing</i>)	Economia Inteligente, Governança inteligente, Mobilidade Inteligente, Ambiente Inteligente
Nuvens das Coisas (<i>Cloud of Things</i>)	Economia Inteligente, Governança inteligente, Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes, Ambiente Inteligente
Nuvens de Dados Georreferenciados (<i>Points Clouds</i>)	Economia Inteligente, Governança inteligente, Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes, Ambiente Inteligente
Nuvens para a Transmissão e Partilha Segura de Vídeo (<i>Video Cloud</i>)	Governança inteligente, Vida Inteligente Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes, Ambiente Inteligente
Nuvens para Edifícios Inteligentes (<i>Self-sustained Smart Buildings</i>)	Economia Inteligente, Governança inteligente, Vida Inteligente, Ambiente Inteligente
Nuvens para Monitorização Ambiental (<i>Cloud-based Smart Device for Environment Monitoring</i>)	Governança inteligente, Ambiente Inteligente
Nuvens Veiculares (<i>Veicular Cloud</i>)	Governança inteligente, Vida Inteligente Ambiente Inteligente
Nuvens para Estacionamento Inteligente (<i>Parking Cloud</i>)	Governança inteligente, Vida Inteligente Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes, Ambiente Inteligente
Nuvens de Dispositivos Móveis (<i>Cloud Mobile</i>)	Vida Inteligente, Mobilidade Inteligente, Pessoas Inteligentes
Nuvens para Gerenciamento de Armazenamento e Coleta de lixo (<i>Cloud Storage Garbage</i>)	Governança inteligente, Vida Inteligente Ambiente Inteligente
Nuvens de Dispositivos Robóticos (<i>Cloud Robotics</i>)	Vida Inteligente, Economia Inteligente

Tabela 1 – Aplicações da Cloud e relação com as dimensões das Smart Cities.

A seguir, são descritos alguns exemplos de aplicação das Nuvens nas Smarts Cities nestas 14 modalidades de aplicação:

- a) Nuvens para Mineração de Dados (*Data Mining Cloud Framework*) - Em (Altomare, Cesario, Comito, Marozzo, & Talia, 2013), por exemplo, os autores propõem uma arquitetura baseada na Cloud especificamente concebida para a computação urbana que apoia as Smart Cities denominada “*Data Mining Cloud Framework*”. Eles afirmam que tecnologias emergentes, tais como dispositivos sem fios, Cloud Computing e redes veiculares podem promover o desenvolvimento da computação urbana dentro das Smart Cities, permitindo, entre outras possibilidades, uma forma alternativa de rastrear e detetar a

exploração dos dispositivos móveis das pessoas para rastrear eventos. A arquitetura proposta permite a integração e o tratamento de dados ambientais e sociogeográficos em grande escala, fragmentados e cruzados, com o foco da mineração do comportamento humano de tais dados para o planeamento e gestão urbana. Os autores defendem que através de uma abordagem modelada pelo formalismo do fluxo de urbano e de trabalho das pessoas, é possível a descoberta de padrões a partir de dados de trajetória das pessoas e das coisas no ambiente de Cloud.

- b) Nuvens Governamentais (*G-Cloud*) - No trabalho de (Clohessy, Acton, & Morgan, 2014), os autores defendem que as Nuvens podem se tornarem estratégicas para muitas iniciativas de governo eletrónico através de nuvens do governo (G-Cloud). Eles propõem a transição e consolidação de uma série de serviços centrais da cidade, com base num projeto-piloto, num único projeto G-Cloud. A G-Cloud compreende um esforço de colaboração entre governo, cidadãos, empresas e investigadores para implementar um número de tecnologias de Nuvem numa plataforma hospedada para apoiar e ajudar na normalização dos serviços centrais da cidade. Eles exemplificam que o projeto de laboratório vivo "Plataforma Europeia para Cidades Inteligentes" (EPIC) combinam as Nuvens com tecnologias emergentes para fornecer aplicações avançadas de serviços de governo eletrónico que apoiam as administrações municipais, os cidadãos e as empresas através da criação e distribuição de serviços urbanos eficazes favorecendo a participação (crowdsourcing). Nesta mesma linha, (Kakderi et al., 2016), (Reforgiato Recupero et al., 2016) e (Bounagui, Mezrioui, & Hafiddi, 2019) propõem uma Cloud como uma solução para municipalidades em todo o lado, a fim de implementar um portfólio de aplicações de cidades inteligentes relacionadas com a governação, economia e qualidade de vida numa única plataforma baseada na Nuvem.
- c) Nuvens para Gestão de Grandes Dados (*Big Data*) - (Khan, Anjum, Soomro, & Tahir, 2015), (Manimuthu, Dharshini, Zografopoulos, Priyan, & Konstantinou, 2021) e (M. Fazio, Celesti, Puliafito, & Villari, 2015) propõem a utilização da Cloud para gestão e análise de grandes dados (BigData) como possível para responder a uma série de questões científicas, políticas, de planeamento, de governação e empresariais e apoiar a tomada de decisões, permitindo um ambiente mais inteligente. Eles apresentam uma perspectiva teórica e experimental sobre as grandes Smart Cities centrada na gestão e análise de grandes dados, propondo um serviço analítico baseado na Cloud como dados relativos à qualidade de vida, criminalidade, segurança pública, economia e emprego.
- d) Nuvens de Computação de Dados Legislativos (*Law-awareness Cloud Computing*) - Os autores (Di Martino, Cretella, & Esposito, 2015a) propõem a utilização de uma Cloud (Law-awareness Cloud Computing) contendo um quadro de base semântica capaz de fornecer

apoio para a verificação da compatibilidade dos serviços com as leis e normas, de acordo com os requisitos da aplicação do utilizador. A verificação dos requisitos baseia-se em três informações principais: o tipo de tratamento de dados (tratamento científico, estatístico, histórico ou genérico), o tipo de dados (sensíveis, de saúde, judiciais ou não sujeitos a dados de proteção) e a localização dos dados (a localização geográfica do centro de dados do fornecedor para o serviço específico).

- e) Nuvens das Coisas (*Cloud of Things*) - (Mitton, Papavassiliou, Puliafito, & Trivedi, 2012), (Roy, n.d.), (Alavi, Jiao, Buttlar, & Lajnef, n.d.), (Saha et al., 2017), (Alam, 2021), (Srinivas, Benedict, & Sunny, 2019), (Roy & Sarddar, 2017), consideram que um número cada vez maior de dispositivos cada vez mais poderosos (smartphones, sensores, eletrodomésticos, etc.) junta-se à Internet, com um impacto significativo no volume de tráfego global (partilha de dados, voz, multimédia, etc.) e prefigura um mundo de dispositivos inteligentes, ou "coisas" na perspectiva da Internet das Coisas (IoT). Os autores defendem que os recursos heterogêneos podem ser agregados e abstraídos de acordo com a semântica das coisas, permitindo assim que as Coisas como um paradigma de Serviço, ou melhor, uma "Nuvem de Coisas" (Cloud of Things).
- f) Nuvens de Dados Georreferenciados (*Points Clouds*) - O conceito de Smart Cities baseia-se num fluxo permanente de grandes quantidades de dados adquiridos por uma grande variedade de sensores distribuídos por toda a cidade. A utilização inteligente de todos estes dados requer integração com mapas de cidades 3D, para os quais as nuvens de dados georreferenciados (Points Clouds), adquiridas por varrimento a laser ou fotogrametria, são as principais fontes. (Lemmens, 2018) identifica as capacidades das nuvens para apoiar o conceito de cidade inteligente utilizando os benefícios da georreferencia para a monitorização dos processos urbanos. Os benefícios ampliam a concepção e inspeção de utilidades como condutores de água, sistemas de esgotos, túneis, pontes, estradas, vias férreas e linhas de energia e a criação de mapas de cidades em 3D nos quais as formas dos edifícios e outros objetos podem ser reconstruídos com detalhe espacial elevado.
- g) Nuvens para a Transmissão e Partilha Segura de Vídeo (*Video Cloud*) - Com as inovações e a crescente popularidade das cidades inteligentes, a análise de vídeo (por exemplo, das redes sociais, entretenimento, vigilância, monitorização inteligente da saúde e gestão de multidões) é utilizada numa série de domínios de aplicação para proporcionar segurança, proteção e bem-estar aos residentes. Como estas análises de vídeo são partilhadas através de dispositivos altamente interligados, sensores, e outros intervenientes das cidades inteligentes, a segurança e integridade é uma preocupação para o conteúdo seguro do vídeo. (Hossain, Muhammad, Abdul, Song, & Gupta, 2018) propõem um quadro de assistência em Cloud para a transmissão e partilha segura de vídeo (Video Cloud) , onde os utilizadores

possam partilhar vídeos. O vídeo é transmitido para a Nuvem de forma eficiente em termos de espaço e robusta em termos de segurança e privacidade. Uma solução similar é proposta por (Yoon et al., 2020), as Smart Cities utilizam fortemente a Internet das Coisas (IoT), incluindo muitas câmaras de vídeo para fornecer vários tipos de serviços para as cidades inteligentes. As câmaras de vídeo alimentam continuamente grandes dados de vídeo para o sistema de cidades inteligentes, e as cidades inteligentes precisam de processar os grandes dados de vídeo o mais rápido possível. Esta é uma tarefa muito desafiante porque é necessário um grande poder computacional para encurtar o tempo de processamento. Os autores sugerem uma solução através de uma plataforma de Cloud para hospedagem de uma aplicação que analisa as grandes imagens para cidades inteligentes e para permitir implementar a vigilância por vídeo inteligente.

- h) Nuvens para Edifícios Inteligentes (*Self-sustained Smart Buildings*) - (Kumar, Vasilakos, & Rodrigues, 2017) propõem uma solução para edifícios autossustentáveis de energia inteligente através de uma nano grelha de corrente contínua assistida por nuvens para edifícios inteligentes autossustentáveis em cidades inteligentes. Eles afirmam que a energia é um dos recursos mais valiosos da era moderna e precisa de ser consumido de forma otimizada através de uma utilização inteligente de vários dispositivos inteligentes, que são hoje em dia as principais fontes de consumo de energia. Para tal, eles advogam que é possível utilizar uma infraestrutura baseada em Cloud para tomar decisões inteligentes no que diz respeito à utilização de energia (*Self-sustained Smart Buildings*) de vários aparelhos. Uma aplicação neste mesmo contexto é proposta por (Heller, Liu, & Gianniou, 2017), ao apresentarem um exemplo operacional de uma infraestrutura de gestão e computação de dados que possa tratar da integração dos dados dos edifícios nos sistemas da cidade, nos sistemas de energia e de automação.
- i) Nuvens para Monitorização Ambiental (*Cloud-based Smart Device for Environment Monitoring*) - (Jiang & Huacón, 2018) realizaram uma investigação com o objetivo de desenvolver um dispositivo inteligente de baixo custo, baseado na Nuvem, denominado Dispositivo Inteligente de Monitorização Ambiental Baseado na Nuvem (CEMSD - *Cloud-based Smart Device for Environment Monitoring*) que monitoriza diferentes parâmetros ambientais, tais como qualidade do ar, ruído, temperatura e umidade. O CEMSD recolhe e envia dados de locais de medição alvo através de rede sem fios ou rede celular para um servidor de Nuvem, onde os dados são armazenados, processados e podem ser acedidos utilizando um computador ou qualquer dispositivo inteligente, onde seria possível permitir a intervenção do usuário para reduzir o nível de poluição, poupar energia e proporcionar uma melhoria global do ambiente de vida.

- j) Nuvens Veiculares (Veicular Cloud) - (Al Ridhawi, Aloqaily, Kantarci, Jararweh, & Mouftah, 2018) propõem uma infraestrutura de Cloud Veicular para suportar um sistema de transporte inteligente e conectado (ICTS), através da partilha de conteúdos multimédia, gestão de energia dos veículos e a navegação rodoviária.
- k) Nuvens para Estacionamento Inteligente (Parking Cloud) - (Gupta, Pradhan, Haridas, & Karia, 2018) propõem uma solução para ajudar a resolver os problemas do congestionamento do tráfego através de uma Nuvem para um Sistema de Estacionamento Inteligente (Parking Cloud) que armazene informações de através do aproveitamento da tecnologia Internet das Coisas (Iot). A aplicação IoT monitoriza a disponibilidade de vagas de estacionamento com dados em tempo real armazenados na Nuvem, com a provisão para os utilizadores acedem a estes dados através de uma aplicação.
- l) Nuvens de Dispositivos Móveis (Cloud Mobile) - (Sneps-Sneppe & Namiot, 2016) apresentam uma proposta de arquitetura para Cloud de dispositivos móveis (Cloud Mobile), em que o processamento e armazenamento de dados são deslocados do dispositivo móvel para plataformas informáticas centralizadas localizadas em nuvens. Estas aplicações centralizadas são então acedidas através da ligação sem fios com base num cliente nativo fino ou num navegador da Web, os dispositivos móveis. Portanto, é uma infraestrutura onde tanto o armazenamento como o processamento de dados ocorrem fora do dispositivo móvel.
- m) Nuvens para Gerenciamento de Armazenamento e Coleta de lixo (Cloud Storage Garbage)- (Rajaprabha, Jayalakshmi, Anand, & Asha, 2018) argumentam que o aumento da população e a essência da vida confortável deram um enorme crescimento nas áreas urbanas, o que resultou na geração de uma enorme quantidade de resíduos sólidos. Para melhorar a limpeza, eles propõem uma infraestrutura de Nuvem para gerenciar a coleta e armazenamento lixo (Cloud Storage Garbage) que faz uso de tecnologia IoT para uma gestão eficiente de resíduos sólidos em cidades inteligentes.
- n) Nuvens de Dispositivos Robóticos (Cloud Robotics) - (Beigi, Partov, & Farokhi, 2018) investigam a utilização da Nuvem robótica (Cloud Robotics) como plataforma prática de processamento para tornar os dispositivos robóticos existentes mais baratos, tais como robôs inteligentes e colaborativos. A Robótica em Nuvem se apresenta como um meio potencialmente eficiente para aplicações intensivas de processamento de dados.

3.3. *Exemplos de cidades em que as aplicações de Cloud propostas foram aplicadas*

Este estudo identificou algumas cidades que implementaram com sucesso alguns projetos utilizando as aplicações das Clouds na gestão de serviços relacionados ao conceito das cidades inteligentes. A Tabela 2 relaciona estas cidades às aplicações implementadas, os projetos envolvidos e os principais recursos de TI utilizados.

CIDADES	APLICAÇÕES DAS CLOUDS	PROJETO	PRINCIPAIS RECURSOS DE TI
Rio de Janeiro (Brasil) Santander (Espanha)	Nuvens para Gestão de Grandes Dados (<i>Big Data</i>) Nuvens das Coisas (<i>Cloud of Things</i>) Nuvens para Mineração de Dados (<i>Data Mining Cloud Framework</i>)	Centro de operações da Prefeitura do Rio (data analytics centre) SmartSantanderRA (Hammi, Khatoun, Zeadally, Fayad, & Khoukhi, 2018)	Câmeras e sensores IoT, nuvem de computação FogToCloud (F2C) Computing, Apps, Dashboards.
Dublin (Irlanda)	Nuvens Governamentais (<i>G-Cloud</i>)	Smart citizen participation. (Kitchin, 2019)	Sensores de IoT, Ferramenta de consulta online (CIVIQ), mapas interativos, APPs,.
Roma (Itália)	Nuvens de Computação de Dados Legislativos (<i>Law-awareness Cloud Computing</i>)	Projeto “NormeInRete” (Di Martino, Cretella, & Esposito, 2015b)	Dados em XML Schema Portal de consulta “ItalGiureWeb”
Bristol (Reino Unido)	Nuvens para Monitorização Ambiental (<i>Cloud-based Smart Device for Environment Monitoring</i>) Nuvens das Coisas (<i>Cloud of Things</i>)	Sistema de monitorização da qualidade da água. (Chen & Han, 2018)	IoT em rede Wi-Fi solução WSN. Redes TCP/IP. Rede SDN, máquina virtual (VM) e software de código aberto. Bancos de Dados InfluxDB e Grafana.
Los Angeles (Estados Unidos)	Nuvens para Estacionamento Inteligente (<i>Parking Cloud</i>)	Lean Smart Parking (Lin, Rivano, & Le Mouel, 2017)	Sensores IoT infravermelhos, Sensores acústicos, Câmeras de vídeo
Ljubljana – (Eslovénia)	Nuvens para Gerenciamento de Armazenamento e Coleta de lixo (<i>Cloud Storage Garbage</i>) Nuvens de Dados Georreferenciados (<i>Points Clouds</i>)	Rcero - Regional Waste Management Centre (Olofsson, 2020)	Dispositivos IoT Aplicações de Georeferenciamento
Michigan (Estados Unidos)	Nuvens veiculares (<i>Veicular Cloud</i>) Nuvens de Dispositivos Robóticos (<i>Cloud Robotics</i>)	Ford autonomous vehicles (AVs) (Agarwal et al., 2020)	Sensores IoT, Veículos autónomos, Câmeras de vídeo

Tabela 2 – Exemplos de cidades que implementaram aplicações das Clouds no conceito das Smart Cities

As cidades citadas não representam todas as cidades que implementaram ou estão em processo de implementação das aplicações em Cloud.

4. CONCLUSÕES

O planeamento e a implementação dos conceitos de cidades inteligentes são fortemente apoiados nas Nuvens devido ao uso das tecnologias relacionadas à alta capacidade de processamento e

armazenamento dos dados. Por isso, a gestão inteligente dos recursos da cidade está altamente vinculado às soluções baseadas na Nuvem, desde o armazenamento e processamento dos dados dos sensores que são recolhidos para fornecer um conjunto centralizado e rico de dados abertos, quanto na capacidade de análise destes pelas aplicações hospedadas na Nuvem.

Nas seis dimensões das Smart Cities, as Clouds tem papel relevante e dão suporte às diversas aplicações que são desenvolvidas para a gestão de cada uma delas. Exemplos de aplicações em cidades que adotam estas iniciativas demonstram esta viabilidade.

Considerando que novas tecnologias como a internet 5G estão a ser implementadas nos próximos anos (2022 a 2025), o número de propostas de aplicação da Cloud tende a aumentar consideravelmente. Cidades inteligentes poderão se beneficiar de informações em tempo real, coleta, processamento, integração e compartilhamento de dados multitemáticos através de serviços interoperáveis implantados em um ambiente de Nuvem.

Entretanto, tal utilização de informações requer ferramentas de software, serviços e tecnologias apropriadas para coletar, armazenar, analisar e visualizar grandes quantidades de dados do ambiente da cidade. A cidade inteligente é um ecossistema que inclui todas as perspectiva da vida humana, tais como transporte, logística, educação, saúde e outros, de forma automatizada para serem controlados e acedidos através de dispositivos inteligentes.

Como citam (Sharif & Pokharel, 2022), cada perspectiva é automatizada utilizando tecnologias diferentes e isto requer recursos humanos e orçamento para sua implementação.

5. ESTUDOS FUTUROS

Com base na revisão da Literatura, percebe-se que as Cidades Inteligentes tornaram-se uma estratégia global. No entanto, dados massivos gerados por vários dispositivos inteligentes precisam de ser carregados e armazenados nos servidores da Nuvem que podem estar sujeitos a vulnerabilidades. A avaliação dos riscos envolvidos relacionados à segurança, especialmente os relacionados à privacidade e a resiliência (continuidade dos serviços) torna-se importante fator a ser investigado em complementação a este estudo. Neste sentido, tornam-se necessários estudos de avaliação de riscos e alternativas para mitigação destes.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto “Smart Cities and Law, E-Governance and Rights: Contributing to the definition and implementation of a Global Strategy for Smart Cities, com a referência NORTE-01-0145-FEDER-000063, na Escola de Direito da Universidade do Minho, Portugal.

REFERÊNCIAS

- Agarwal, S., Vora, A., Pandey, G., Williams, W., Kourous, H., & McBride, J. (2020). Ford Multi-AV Seasonal Dataset. *International Journal of Robotics Research*, 39(12), 1367–1376. <https://doi.org/10.1177/0278364920961451>
- Al Ridhawi, I., Aloqaily, M., Kantarci, B., Jararweh, Y., & Mouftah, H. T. (2018). A continuous diversified vehicular cloud service availability framework for smart cities. *Computer Networks*, 145, 207–218. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2018.08.023>
- Alam, T. (2021). Cloud-based iot applications and their roles in smart cities. *Smart Cities*, 4(3), 1196–1219. <https://doi.org/10.3390/smartcities4030064>
- Alavi, A. H., Jiao, P., Buttlar, W. G., & Lajnef, N. (n.d.). Internet of Things-enabled smart cities: State-of-the-art and future trends. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2018.07.067>
- Albino, V. U. B. R. M. D. (2015). Smart cities : definitions , dimensions , and performance Vito Albino Umberto Berardi Rosa Maria Dangelico *. *Journal of Urban Technology*, 1723–1738.
- Altomare, A., Cesario, E., Comito, C., Marozzo, F., & Talia, D. (2013). Using clouds for smart city applications. *Proceedings of the International Conference on Cloud Computing Technology and Science, CloudCom*, 2, 234–237. <https://doi.org/10.1109/CloudCom.2013.137>
- Beigi, N. K., Partov, B., & Farokhi, S. (2018). Real-time cloud robotics in practical smart city applications. *IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC, 2017- Octob*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PIMRC.2017.8292655>
- Bounagui, Y., Mezrioui, A., & Hafiddi, H. (2019). Toward a unified framework for Cloud Computing governance: An approach for evaluating and integrating IT management and governance models. *Computer Standards and Interfaces*, 62(September 2018), 98–118. <https://doi.org/10.1016/j.csi.2018.09.001>
- Chen, Y., & Han, D. (2018). Water quality monitoring in smart city: A pilot project. *Automation in Construction*, 89, 307–316. <https://doi.org/10.1016/J.AUTCON.2018.02.008>
- Clohessy, T., Acton, T., & Morgan, L. (2014). Smart city as a service (SCaaS): A future roadmap for e-government smart city cloud computing initiatives. *Proceedings - 2014 IEEE/ACM 7th International Conference on Utility and Cloud Computing, UCC 2014*, 836–841. <https://doi.org/10.1109/UCC.2014.136>
- Di Martino, B., Cretella, G., & Esposito, A. (2015a). Towards a Legislation-aware Cloud Computing Framework. *Procedia Computer Science*, 68, 127–135. <https://doi.org/10.1016/J.PROCS.2015.09.229>
- Di Martino, B., Cretella, G., & Esposito, A. (2015b). Towards a Legislation-aware Cloud Computing Framework. *Procedia Computer Science*, 68, 127–135. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.229>
- Fazio, M., Celesti, A., Puliafito, A., & Villari, M. (2015). Big data storage in the cloud for smart environment monitoring. *Procedia Computer Science*, 52(1), 500–506. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.023>
- Fazio, Maria, Ranjan, R., & Villari, M. (2016). Special Issue on Advances in Cloud for Smart Cities Preface. *International Journal of Distributed Systems and Technologies*, 7(1, SI), 2–4.
- Georgiadis, A., Christodoulou, P., & Zinonos, Z. (2021). Citizens’ perception of smart cities: A case study. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/app11062517>
- Gupta, R., Pradhan, S., Haridas, A., & Karia, D. C. (2018). Cloud Based Smart Parking System. *Proceedings of the International Conference on Inventive Communication and Computational Technologies, ICICCT 2018, (Icicct)*, 341–345. <https://doi.org/10.1109/ICICCT.2018.8473084>
- Hammi, B., Khatoun, R., Zeadally, S., Fayad, A., & Khoukhi, L. (2018). IoT technologies for smart cities. *IETnetW - The Institution of Engineering and Technology*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1049/iet-net.2017.0163>
- Heller, A., Liu, X., & Gianniu, P. (2017). A Science Cloud for Smart Cities Research. *Energy Procedia*, 122, 679–684. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.369>
- Hossain, M. S., Muhammad, G., Abdul, W., Song, B., & Gupta, B. B. (2018). Cloud-assisted secure video transmission and sharing framework for smart cities. *Future Generation Computer Systems*, 83, 596–606. <https://doi.org/10.1016/j.future.2017.03.029>
- Ismagilova, E., Hughes, L., Dwivedi, Y. K., & Raman, K. R. (2019). Smart cities: Advances in research—An information systems perspective. *International Journal of Information Management*, 47(December 2018), 88–100. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2019.01.004>
- Jiang, B., & Huacón, C. F. (2018). Cloud-based smart device for environment monitoring. *2017 IEEE Conference on Technologies for Sustainability, SusTech 2017, 2018-Janua*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/SusTech.2017.8333472>
- Kakderi, C., Komninos, N., Tsarchopoulos, P., Kakderi, C., Komninos, N., & Tsarchopoulos, P. (2016). Smart cities and cloud computing: lessons from the STORM CLOUDS experiment. *Journal of Smart Cities (Transferred)*, 2(1), 4–13. <https://doi.org/10.18063/JSC.2016.01.002>

- Kasznar, A. P. P., Hammad, A. W. A., Najjar, M., Qualharini, E. L., Figueiredo, K., Pereira Soares, C. A., & Haddad, A. N. (2021). Multiple dimensions of smart cities' infrastructure: A review. *Buildings*, *11*(2), 1–27. <https://doi.org/10.3390/buildings11020073>
- Khan, Z., Anjum, A., Soomro, K., & Tahir, M. A. (2015). Towards cloud based big data analytics for smart future cities. *Journal of Cloud Computing*, *4*(1). <https://doi.org/10.1186/S13677-015-0026-8>
- Kitchin, P. C. R. (2019). Being a “citizen” in the smart city: up and down the scaffold of smart citizen participation in Dublin, Ireland. *Springer Nature GeoJournal* (2019), *84*, 1–13. <https://doi.org/10.1007/s10708-018-9845-8>
- Kumar, N., Vasilakos, A. V., & Rodrigues, J. J. P. C. (2017). A multi-tenant cloud-based DC nano grid for self-sustained smart buildings in smart cities. *IEEE Communications Magazine*, *55*(3), 14–21. <https://doi.org/10.1109/MCOM.2017.1600228CM>
- Lemmens, M. (2018). Point Clouds and Smart Cities The Need for 3D Geodata and Geomatics Specialists. *GIM International: The Worldwide Magazine for Geomatics*.
- Lin, T., Rivano, H., & Le Mouel, F. (2017). A Survey of Smart Parking Solutions. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, *18*(12), 3229–3253. <https://doi.org/10.1109/TITS.2017.2685143>
- Manimuthu, A., Dharshini, V., Zografopoulos, I., Priyan, M. K., & Konstantinou, C. (2021). Contactless Technologies for Smart Cities: Big Data, IoT, and Cloud Infrastructures. *SN Computer Science*, *2*(4), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00719-0>
- Mitton, N., Papavassiliou, S., Puliafito, A., & Trivedi, K. S. (2012). Combining cloud and sensors in a smart city environment. *Eurasip Journal on Wireless Communications and Networking*, *2012*(1). <https://doi.org/10.1186/1687-1499-2012-247>
- Olofsson, J. (2020). ‘The biggest challenge is that we have to tell people how to sort.’ Waste management and the processes of negotiation of environmental citizenship in Slovenia. *Journal of Environmental Policy and Planning*, *22*(2), 256–267. <https://doi.org/10.1080/1523908X.2020.1721274>
- Rajaprabha, M. N., Jayalakshmi, P., Anand, R. V., & Asha, N. (2018). IoT based smart garbage collector for smart cities. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, *9*(12), 435–439. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-0135-7>
- Ramya, R., & Ramya, K. (2015). Cloud computing. *International Journal on Applications in Electrical and Electronics Engineering*, *1*(8), 1–5. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12636-9>
- Reforgiato Recupero, D., Castronovo, M., Consoli, S., Costanzo, T., Gangemi, A., Grasso, L., ... Spampinato, E. (2016). An Innovative, Open, Interoperable Citizen Engagement Cloud Platform for Smart Government and Users' Interaction. *Journal of the Knowledge Economy*, *7*(2), 388–412. <https://doi.org/10.1007/S13132-016-0361-0>
- Roy, S. (n.d.). The Role of Cloud of Things in Smart Cities. Retrieved from <https://sites.google.com/site/ijcsis/>
- Roy, S., & Sarddar, D. (2017). The Role of Cloud of Things in Smart Cities, *14*(11), 683–698. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1704.07905>
- Saha, H. N., Auddy, S., Chatterjee, A., Pal, S., Sarkar, S., Singh, R., ... Maity, A. (2017). IoT Solutions for Smart Cities, 74–80.
- Sharif, R. Al, & Pokharel, S. (2022). Smart City Dimensions and Associated Risks: Review of literature. *Sustainable Cities and Society*, *77*, 103542. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.103542>
- Sneps-Snepe, M., & Namiot, D. (2016). On Mobile Cloud for Smart City Applications. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1605.02886>
- Srinivas, M., Benedict, S., & Sunny, B. C. (2019). IoT Cloud based Smart Bin for Connected Smart Cities - A Product Design Approach. *2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2019*, 6–10. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT45670.2019.8944558>
- Talari, S., Shafie-Khah, M., Siano, P., Loia, V., Tommasetti, A., & Catalão, J. P. S. (2017). A review of smart cities based on the internet of things concept. *Energies*, *10*(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/en10040421>
- Wieclaw, L., Pasichnyk, V., Kunanets, N., Duda, O., Matusiuk, O., & Falat, P. (2017). Cloud computing technologies in “smart city” projects. *Proceedings of the 2017 IEEE 9th International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications, IDAACS 2017, 1*, 339–342. <https://doi.org/10.1109/IDAACS.2017.8095101>
- Yoon, C. S., Jung, H. S., Park, J. W., Lee, H. G., Yun, C. H., & Lee, Y. W. (2020). A cloud-based UTOPIA smart video surveillance system for smart cities. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(18). <https://doi.org/10.3390/APP10186572>