

CENTRO UNIVERSITÁRIO BRASILEIRO - UNIBRA  
CURSO DE GRADUAÇÃO TECNOLÓGICA EM REDES  
DE COMPUTADORES

JEFFERSON DA SILVA CAVALCANTE  
LÍOSVÃO VASCONCELOS SILVA  
LUIZ FERNANDO F. FIGUEIREDO

**A EXPANSÃO DAS CIDADES INTELIGENTES  
ATRAVÉS DO 5G**

RECIFE/2020

JEFFERSON DA SILVA CAVALCANTE  
LÍOSVÃO VASCONCELOS SILVA  
LUIZ FERNANDO F. FIGUEIREDO

## **A EXPANSÃO DAS CIDADES INTELIGENTES ATRAVÉS DO 5G**

Artigo apresentado ao Centro  
Universitário Brasileiro – UNIBRA, como  
parte do requisito parcial para obtenção  
do título de Tecnólogo em Redes de  
Computadores.

Orientador: Adilson da Silva

RECIFE/2020

C376e

Cavalcante, Jefferson da Silva

A Expansão das Cidades Inteligentes Através do 5G. /  
Jefferson da Silva Cavalcante; Liosvã Vasconcelos Silva; Luiz  
Fernando F. Figueiredo. - Recife : O Autor, 2020.  
27 p.

Orientador(a): Adilson da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro  
Universitário Brasileiro – UNIBRA. Tecnólogo em Redes de  
Computadores, 2020.

1. Cidades Inteligentes. 2. Cidades Digitais. 3. 5G.  
4. Tecnologia. I. Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA. II. Título

CDU: 004.7

JEFFERSON DA SILVA CAVALCANTE  
LÍOSVÃO VASCONCELOS SILVA  
LUIZ FERNANDO F. FIGUEIREDO

## **A EXPANSÃO DAS CIDADES INTELIGENTES ATRAVÉS DO 5G**

Artigo aprovado como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Rede de Computadores, pelo Centro Universitário Brasileiro – UNIBRA, por uma comissão examinadora formada pelos seguintes professores:

---

Prof.º MSc. Adilson da Silva  
Professor Orientador

---

Prof.º MSc. Renan Costa Alencar  
Professor Examinador

---

Prof.º Esp. Alberto Luiz Viegas  
Professor Examinador

Recife, \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

NOTA: \_\_\_\_\_

*Dedicamos esse trabalho aos nossos pais, amigos e familiares.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos a Deus pela força nas horas em que pensamos em desistir e que não conseguiria desenvolver este trabalho. Por mais um levantar e força para superar as nossas dificuldades.

A esta universidade e seu corpo docente por ter nos dado a chance de chegar ao final de mais uma etapa das nossas vidas.

Ao meu orientador Adilson da Silva pelo suporte no tempo que lhe coube, pelas correções e incentivos.

Aos nossos pais e familiares, pelo amor, incentivo e apoio.

*“Se eu vi mais longe, foi por estar de pé sobre  
ombros de gigantes.”*

*(Isaac Newton)*

## LISTA DE TABELA

TABELA 1 – A EVOLUÇÃO DA REDE MÓVEL.....	21
--	----



## ÍNDICE DE ABREVIATURAS E SIGLAS

1G	Primeira Geração
2G	Segunda Geração
2.5G	Segunda Geração e Meia
3G	Terceira Geração
4G	Quarta Geração
5G	Quinta Geração
AMPS	Advanced Mobile Phone System
BSS	Business Support System
CDMA	Code Division Multiple Access
CR	Carriage Return
EDGE	Enhanced Data Rates For GSM Evolution
Gbps	Gigabits por Segundo
GPRS	General Packet Radio Service
GHz	Gigahertz
GPS	Global Positioning System
GSM	Global System for Mobile Communications
IEEE	Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
Kbps	Kilobit por Segundo

LTE	Long Term Evolution
Mbits	Mega Bits por Segundo
Mbps	Megabit por Segundo
MHz	Megahertz
MMS's	Mult Media Messages
NMT	Nordic Mobile Telecommunications
NOMA	Non Orthogonal Multiple Access
OMA	Orthogonal Multiple Access
SaaS	Software as a Service
TACS	Total Access Communications System
TDMA	Time Division Multiple Access
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
WCDMA	Wide-Band Code-division Multiple Access
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access

## SUMÁRIO

RESUMO .....	11
1 INTRODUÇÃO .....	12
1.1 Objetivo.....	12
1.2 Justificativa .....	12
2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO .....	13
3 CONCEITO DE CIDADES INTELIGENTES .....	13
4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS NAS CIDADES INTELIGENTES.....	14
4.1 Internet das Coisas .....	14
4.2 Big Data.....	15
4.3 Computação na Nuvem .....	16
5 DIFERENÇA ENTRE CIDADES DIGITAIS E CIDADES INTELIGENTES.....	17
6 A TECNOLOGIA 5G.....	17
6.1 Rede 1G: A Primeira Geração .....	18
6.2 Rede 2G: A Segunda Geração .....	18
6.3 Rede 2.5G: Rede Intermediária .....	19
6.4 Rede 3G: A Terceira Geração.....	19
6.5 Rede 4G: A Quarta Geração.....	20
6.6 Rede 5G: A Quinta Geração .....	20
7 A ARQUITETURA DA REDE 5G .....	22
8 TECNOLOGIA 5G E SUA CONEXÃO COM O FUTURO .....	23
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	24
10 REFERÊNCIAS .....	25

## A EXPANSÃO DAS CIDADES INTELIGENTES ATRAVÉS DO 5G

Jefferson da Silva Cavalcante

Liosvão Vasconcelos Silva

Luiz Fernando F. Figueiredo

Adilson da Silva

### RESUMO

As cidades inteligentes são aquelas que utilizam seus recursos para melhorar a qualidade de vida dos cidadãos. Esses recursos são importantes para a mobilidade, sustentabilidade bem como vários serviços indispensáveis à vida das pessoas. Diante disso, foi realizada uma revisão literária sobre como a tecnologia 5G irá melhorar na evolução das cidades inteligentes. Nele é discutido o que torna uma cidade inteligente, as tecnologias utilizadas nessas cidades, à diferença entre cidades digitais e inteligentes, a evolução da rede móvel, sua melhoria e o que compõe a arquitetura da rede 5G. A tecnologia 5G vai trazer uma enorme agilidade e qualidade nas transferências de dados entre as cidades inteligentes. Além do mais, as transferências de informações com largura de banda maior vai proporcionar a troca de informações simultaneamente.

**Palavras-chave:** Cidades Inteligentes, Cidades Digitais, 5G, Tecnologia.

### ABSTRACT

Smart cities are those that use their resources to improve citizens' quality of life. These resources are important for mobility, sustainability as well as various services that are essential to people's lives. Therefore, a literary review was made on how 5G technology will improve the evolution of smart cities. It discusses what makes a smart city, the technologies used in these cities, the difference between digital and smart cities, the evolution of the mobile network, its improvement and what makes up the architecture of the 5G network. 5G technology will bring tremendous agility and quality in data transfers between smart cities. What's more, transfers of information with higher bandwidth will provide the exchange of information simultaneously.

**Keywords:** Smart Cities, Digital Cities, 5G, Technology.

## **1 INTRODUÇÃO**

Segundo Mota (1999), devido ao crescimento da população, bem como das cidades é necessário compreender a infraestrutura urbana. Deste modo, concede condições para uma melhoria na qualidade de vida. Apesar do crescimento da urbanização ocorrer de modo diferente, provoca diversos desafios.

De acordo com a revista Época (2019) A cidade inteligente usa os dados, a tecnologia e internet das coisas para melhorar o bem estar das pessoas. Além de melhorar o bem estar da população, às tecnologias utilizadas melhora o desenvolvimento econômico.

Conforme (Caragliu, Del Bo e Nijkamp, 2009) às cidades inteligentes tem como conceito o investimento de capital humano e social referente aos ramos de transportes e infraestrutura das tecnologias promovendo a sustentabilidade e crescimento econômico obtendo a melhoria na vida dos cidadãos.

Devido ao conceito de cidade inteligente ser recente, se torna primordial para discussões, pois tem como o intuito melhorar a vida da sociedade. Nessa perspectiva, diante da quantidade inesperada de dispositivos que se faz necessário numa cidade conectada, percebe-se a necessidade de se avaliar a implantação do 5G, e as melhorias que trará nas cidades inteligentes.

Portanto indaga-se: Com a implementação da rede 5G haverá melhorias nas cidades inteligentes.

### **1.1 Objetivo**

Este trabalho tem como objetivo analisar os principais artigos disponíveis sobre como o 5G irá melhorar a evolução das cidades inteligentes. Tem como objetivos específicos: descrever as principais características do 5G e suas tecnologias. A definição do conceito e diferenças entre as cidades inteligentes e as cidades digitais.

### **1.2 Justificativa**

Diversas cidades têm como foco se tornar eficaz e eficiente na administração

dos serviços disponibilizados aos cidadãos. A utilização da rede 5G contribui para a criação de uma cidade inteligente, através da revisão sistemática de literatura será apresentando resultados mais especializados. Tem como foco a melhoria na qualidade de vida e bem estar das pessoas, podendo conectá-las e capacitá-las, a fim de promover interações contínuas nas cidades. É de interesse atual o aprendizado de novas tecnologias, pois a sociedade está em constante mudança.

## **2 DELINEAMENTO METODOLÓGICO**

A metodologia utilizada no atual trabalho foi inteiramente bibliográfica. Foi composta da seguinte maneira: foi realizada uma revisão literária baseada em materiais estrangeiros e nacionais retirados de artigos científicos, dissertações, teses, e também através de meios eletrônicos.

Foram abordados os seguintes assuntos: conceito, definição e implantação das tecnologias utilizadas nas cidades inteligentes, bem como a diferença entre as cidades digitais. Também explora as tecnologias utilizadas na rede 5G, arquitetura da rede, dentre outros.

## **3 CONCEITO DE CIDADES INTELIGENTES**

Nos dias de hoje, o desempenho urbano não depende apenas da infraestrutura e dotação da cidade, e sim, da importância da tecnologia. A cidade inteligente é uma das formas mais eficaz para resolver problemas públicos causados pelo aumento da população, como engarrafamentos no trânsito, entre outros. Tem como objetivo garantir uma melhor qualidade de vida (CARAGLIU et al., 2009).

De acordo (Batty et al, 2012) além das atividades constantes que atendem pessoas as cidades tornam-se inteligentes porque permitem fiscalizar, entender e estudar o seu desenvolvimento, aumentando a sua eficiência, os investimentos e o bem estar dos cidadãos. O termo cidade inteligente é bastante inovador sendo caracterizado pelo uso disseminado de tecnologia na administração de seus métodos e de sua infraestrutura sendo elaborada como visão do futuro as atitudes decisivas, independentes e sensatas.

Segundo GLAESER (2011) um dos principais motivos de uma cidade ser inteligente é devido a uma excelente gestão governamental. Ressalta que a

tecnologia é apenas um dos vários recursos que podem ocasionar em maior sustentabilidade econômica, humana e ambiental nas cidades.

## 4 TECNOLOGIAS UTILIZADAS NAS CIDADES INTELIGENTES

Algumas das tecnologias usadas na criação da infraestrutura de uma cidade inteligente serão estudadas ao longo do trabalho. Dentre elas estão a Internet das Coisas, que permite conectar vários dispositivos na rede. O *Big Data*, que proporciona o armazenamento e o processamento de dados recebidos na cidade. E por último, a Computação na Nuvem que permite um ambiente escalável e flexível para suportar os processos de recursos computacionais fundamentais em uma cidade inteligente.

### 4.1 Internet das Coisas

A Internet das Coisas (IoT) ou Internet of Things é a maneira como os dispositivos se conectam e comunicam através de *softwares* e sensores capazes de transmitir dados para uma rede. Existem uma grande variedade de dispositivos conectados em um conjunto de IoT, a partir de semáforos de trânsito, lâmpadas para iluminação pública, sensores que medem a capacidade da água e ar, câmera de vídeo, etc. (Coetzee and Eksteen 2011).

Segundo WEISER (1999), a Internet das Coisas é apropriada para o gerenciamento de dispositivos que estarão conectados em uma cidade inteligente. Ela contribui por oferecer recursos que possibilitam automatização de tarefas e intercomunicação entre vários sistemas para fins de otimização de rotinas.

Várias Cidades Inteligentes utilizam IoT para gerenciar e realizar manutenções nos dispositivos da cidade, citando o caso da *SmartSantander* (Sanchez et al.2014) que já utilizam mais de 20 mil sensores inseridos na cidade de Santander, o Padova *Smart City* (Zanella et al. 2014), que dispõem mais de 300 sensores instalados e também o *Array of Things*, que está acrescentando uma enorme rede de sensores na cidade de Chicago.

A Internet das Coisas dispõe de uma grande dimensão de aplicações possíveis em Cidades Inteligentes. Citando alguns exemplos como detecção se

latas de lixo estão completamente cheias, monitoramento do nível de barulho próximo a áreas críticas como hospitais e escolas, monitoramento estrutural de prédios históricos, o acompanhamento das condições de semáforos e lâmpadas de iluminação pública e o acompanhamento do uso de água e eletricidade nas residências. (Zanella et al. 2014).

## 4.2 Big Data

O termo *Big Data* relaciona-se a um conjunto de ferramentas e técnicas para o armazenamento e preparação de conjuntos de dados enormes, de tal forma que tecnologias tradicionais, como ferramentas de processamento sequencial e bancos de dados relacionais, não suportam a ampla quantidade de informações (Chen et al. 2014; Demchenko et al. 2014).

*Big Data* não é considerado apenas um *software* de processo semelhante importante como o *Hadoop*, ou simplesmente uma condição de armazenamento moderna e escalável (Polato et al. 2014; Goldman et al. 2012), e sim uma mudança de todos os dados dentro de uma aplicação, para sustentar o armazenamento, processamento, coleta, análise e visualização de conjuntos de dados.

No momento que as cidades conectadas aplicam os benefícios de uma inclusão através do *Big Data*, podem ser observadas diversas melhorias que vão a partir da sustentabilidade até a segurança pública, aperfeiçoando com isso a qualidade de vida da população. Conforme o que foi observado em Al Nuaimi (2015), várias cidades estão esperançosas em obter benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Existem diversas possibilidades de utilização de acessórios e tecnologias *Big Data* numa cidade inteligente. Alguns exemplos que podem ser citados são: prever a quantidade de energia elétrica numa escala em diferentes dias e horários utilizando informações simultaneamente, antecipar a procura da utilização do transporte público otimizando as rotas e garantindo a mobilidade com mais eficiência, reconhecimento de padrões em trânsito utilizando histórico de dados para evitar congestionamentos, coleta de lixo inteligente e monitoramento da energia e água para evitar desperdício. (Al Nuaimi et al. 2015).



De acordo com Al Nuaimi (2015), às chances para conseguir esses benefícios estão à disposição, no entanto, as cidades precisam investir em tecnologia, desenvolvimento e uso do *Big Data*. Um ponto essencial é a necessidade de definição de políticas para certificar a proteção, qualidade, exatidão dos dados, controle e privacidade.

### 4.3 Computação na Nuvem

De acordo com Distefano (2012), para oferecer uma infraestrutura robusta, elástica e altamente disponível a Computação em Nuvem é necessária para ter um controle de processamento e armazenamento de diversos arquivos, o que se torna bastante essencial para prática de Cidades inteligentes. Uma cidade Inteligente pode ser bastante dinâmica, implicando reconfigurações automáticas de sua infraestrutura, que é bastante facilitado pela computação em nuvem.

De acordo com os autores (Distefano et al. 2012; Aazam et al. 2014) evidenciam um novo modelo partindo da junção da Internet das Coisas e da Computação em nuvem, denominado de “*Cloud of Things*”. O objetivo é o armazenamento e processamento total dos dados recolhidos de uma rede IoT em um local de Computação em Nuvem, onde já é desempenhado em vários projetos de cidades inteligentes (Mitton et al. 2012; Tei and Gurgun 2014).

O *Software* como Serviço (*Software as a Service – SaaS*) possui outra concepção em relação ao uso da Computação em Nuvem nas Cidades Inteligentes (Fox et al. 2013). De acordo com (Perera et al. 2014) utiliza-se o termo “*Sensing as a Service*” como objetivo de oferecer a aplicações e serviços os dados de sensores numa infraestrutura de Computação em Nuvem.

Recapitulando, a Computação em Nuvem é ideal para oferecer a infraestrutura para armazenar e executar as tarefas de uma cidade. Todos os dados fornecidos podem ser obtidos por uma rede construída com a idéia de Internet das Coisas e encaminhada para os serviços de Computação na Nuvem, no qual as informações são verificadas contando com ferramentas de *Big Data*. Esta ligação ajuda a disponibilizar vários requisitos não funcionais importantes como elasticidade, escalabilidade e segurança (Chen et al. 2014; Aazam et al. 2014).

## 5 DIFERENÇA ENTRE CIDADES DIGITAIS E CIDADES INTELIGENTES

A definição das cidades inteligentes não é uma tarefa fácil, ao pesquisá-las na literatura científica podem ser observados diversos termos. (Giffinger et al. 2007) expõe proporções para analisar como genial é uma “*Smart People, Smart Economy, Smart Environment, Smart Governance, Smart Mobility e Smart Living*”.

Jump e Komninos (2002) refere-se o termo cidade digital a uma população ligada através de uma rede conectada que promova banda larga de transmissão e sua infraestrutura formando uma infraestrutura flexível. Para facilitar a vida do cidadão, as cidades digitais utilizam tecnologia e modernizam a gestão pública. Isto é realizado, através de disponibilização de aplicativos e acesso aos serviços online, o que simplifica bastante as realizações de tarefas e serviços em vários setores.

De acordo com Jump e Komninos (2002) a Cidade Digital oferece a capacidade de trabalhar em conjunto, serviços públicos baseados na Internet que permitem uma ligação de dados para população e empresas.

Na opinião de Souto, Dall’Antonia e Holanda (2006) Cidade Digital é aquela que exhibe uma estrutura de telecomunicações tanto para o acesso coletivo quanto para o individual, tornando disponível à população informações e serviços públicos e privados num ambiente virtual.

Para Weiss (2013) uma Cidade Digital não é necessariamente inteligente, porém ela possui alguns componentes digitais disponíveis para gerar recursos inteligentes. Komninos (2002) também destaca que todas as cidades inteligentes são digitais, porém nem todas as cidades digitais são inteligentes. Neste ponto, as cidades digitais seriam uma etapa para o desenvolvimento das cidades inteligentes, e não um artigo final.

Logo, o conceito de cidades digitais está relacionado com a realidade e utilização de uma infraestrutura tecnológica de acesso que oferece serviços à sociedade com excelente qualidade.

## 6 A TECNOLOGIA 5G

Devido o crescimento dos equipamentos e a exigência de dispositivos ainda mais conectados, vem crescendo a necessidade da transmissão de dados em alta velocidade. As chamadas tecnologias 1G, 2G, 3G e 4G trouxeram aprimoramentos nos meios de transmitir dados entre aparelhos móveis. Porém a nova tecnologia 5G não é evolução das antecedentes. Essa tecnologia transformará todas as maneiras conhecidas de comunicações entre dispositivos. A tecnologia 5G é um enorme melhoramento na camada de rádio dos celulares e foi criado exatamente para favorecer a transmissão de um elevado número de aparelhos. A tecnologia 5G vai alcançar um grande nível de inteligência, versatilidade, eficiência e velocidade 1GBPS A 10 GBPS. Essa revolução tecnológica lança muitos desafios em várias áreas de desenvolvimento (ANDREWS et al., 2014).

### **6.1 Rede 1G: A Primeira Geração**

Desenvolvida nos anos 80 a primeira geração da tecnologia chamada de 1G, chegou para transformar a geração anterior denominado de 0G que era formada por telefones móveis a rádio e aparelhos *push to talk* segundo o site (ITPORTAL.IN, 2014). A tecnologia 1G era analógica e o mais famoso era o AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) com velocidade parecida com a rede discada.

A rede 1G era utilizada em especial para os telefones instalados em veículos, pois os celulares que conhecemos ainda não existiam. Segundo o artigo (THIRUPATHI; ANGELINROSY, 2012) cita que as redes 1G utilizavam sinais do tipo analógico com frequência de rádio e uma chamada de voz normal era modulada a uma frequência alta de aproximadamente 150MHz e transmitida por torres de rádio. Conforme o artigo (MENDES, 2014), a tecnologia 1G foi lançada inicialmente em 1983 na Austrália, e em seguida no norte e sul da China.

### **6.2 Rede 2G: A Segunda Geração**

A rede 2g foi considerada a primeira rede digital, Segundo (TRIRUPATHI; ANGELINROSY, 2012) era baseada principalmente no GSM (*Global System for Mobile Communications*). Foi implantada na década de 1990 mais precisamente em 1991 na Finlândia. A rede definiu os parâmetros utilizados até hoje nas conversões por telefones móveis, porém ainda era bastante primário para troca de dados.

A tecnologia 2G já possibilita serviços como mensagens de texto criptografadas digitalmente, mensagens com fotografias e MMS's (*Mult Media Messages*). Por oferecer segurança para os dois lados (receptor e emissor) essa tecnologia era considerada mais eficiente. Ainda segundo o artigo as principais vantagens era a nitidez das ligações de voz e interferência reduzida nas linhas.

De acordo com (MENDES, 2014), a segunda geração foi fundamental para a transformação da rede de comunicação móvel até o momento presente. Esta inovação tecnológica era capaz de suportar em uma mesma região de alcance do 1G um número bem maior de usuário com uma qualidade aceitável.

Outra razão aceitável em relação ao 2G conforme o artigo (MENDES, 2014), é a economia de energia fornecida aos aparelhos. Para que as baterias de celulares tivessem maior durabilidade à economia de energia foi essencial.

### **6.3 Rede 2.5G: Rede Intermediária**

As tecnologias foram evoluindo com o passar do tempo e a nova rede 2.5G surgiu, conforme o artigo (THIRUPATHI; ANGELINROSY, 2012) a tecnologia 2.5G é conhecida como GPRS ou *General Radio Servisse*. Essa tecnologia traria a capacidade de reduzir algumas deficiências da tecnologia 2G. Nesse instante, era capaz conectar páginas pessoais para o aparelho celular, com capacidade reduzida e com poucos detalhes. Ainda de acordo com o artigo, 2.5G foi importante visto que introduziu o conceito de pacotes direcionados preparando os usuários para a tecnologia 3G.

### **6.4 Rede 3G: A Terceira Geração**

De acordo com o artigo (MENDES, 2014), a tecnologia 3G foi executada pela primeira vez em 2001 no Japão, no mesmo ano na coreia do Sul, em 2003 nos Estados Unidos, em 2008 na Índia e em 2010 quase todo mundo utilizava a cobertura 3G. Essa tecnologia foi responsável pela popularização da internet móvel do mundo.

Segundo (THIRUPATHI; ANGELINROSY, 2012), com a tecnologia 3G passou a ser possível utilizar serviços como transmissão de TV, GPS, vídeo conferência, acessar sites e e-mails, jogar online além de todos os outros serviços

oferecidos anteriormente pelas tecnologias antigas além de velocidades mais altas de transferência de dados. A transferência de dados foi cravado em esperados 2Mbps para usuários parados e 348Kbps para usuários em movimentos.

As características consideráveis da tecnologia 3G é a usabilidade referente a dispositivos móveis e a sincronia com a internet. Sua largura de banda varia de 5 a 20 Mbps e frequência entre 16-25GHz. O 3G é baseado nos padrões WCDMA ou CDMA.

### **6.5 Rede 4G: A Quarta Geração**

Segundo (MENDES, 2014), o 4G teve seu início com a tecnologia LTE (*Long Term Evolution*), e é considerada uma ampliação da tecnologia 3G com mais largura de banda e com a proposta de mais serviços. A tecnologia 4G proporciona altas taxas de transferência de dados, mais segurança e possibilita a aplicação de várias tecnologias novas no mercado.

De acordo com (MENDES, 2014), o método evolutivo das tecnologias móveis levou a quarta geração ser 10 vezes melhor do que a terceira geração, o que possibilitou um alto desempenho no uso da tecnologia digital atribuindo serviços relacionados à TV digital móvel, videoconferência e alta velocidade. Outra qualidade significativa da quarta geração segundo o artigo, é o aproveitamento eficiente das bandas acima de 5MHz além da latência abaixo de 5 milissegundos. A largura da banda é escalável até 20Mbits com a taxa máxima de download de 100 Mbits/s e upload de 50Mbits/s considerando esta largura de banda de 20Mbits.

### **6.6 Rede 5G: A Quinta Geração**

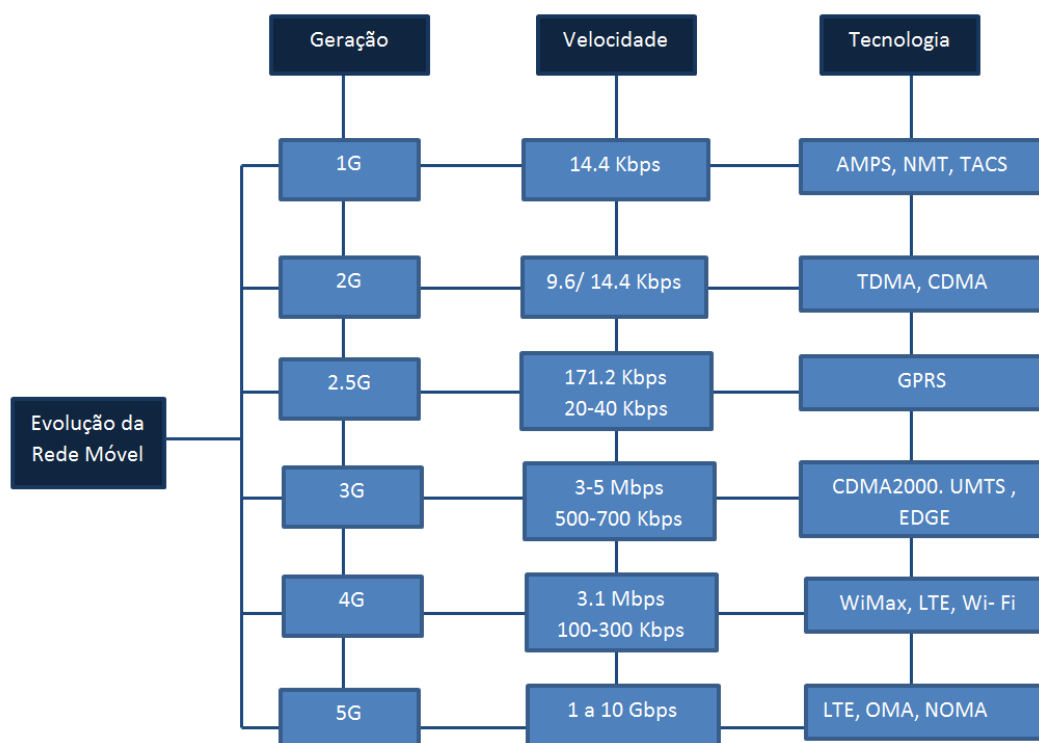
A tecnologia 5G seria uma mistura de níveis de rede de diversos tamanhos, com habilidades de transmitir conexão inteligente através dos dispositivos interconectados. Terão maior capacidade, pois contará com aperfeiçoamento da arquitetura e presença de uma comunicação física avançada (MENDES, 2014).

De acordo com (TEHRAN; UYSAL; YANIKOMEROGLU, 2014) o termo dispositivo nessa tecnologia se refere a qualquer dispositivo portátil com conexão *wireless* referente a algum usuário.

Conforme o site (W3II.COM, 2014) a tecnologia 5G é diferente das outras tecnologias não apenas pelo aumento da taxa de transferência de dados, assim como, aumenta a quantidade de dados por unidade de área que poderão ser transferidos, possibilitaria maior conectividade a dispositivos, favorece menor consumo de bateria assim como promoveria maior confiabilidade na comunicação entre dispositivos. A tecnologia 5G é bastante avançada, o grande potencial de escalabilidade dos sistemas é baseado na tecnologia de rádio cognitivo que contém diversas características importantes tais como tempo, temperatura, a capacidade de dispositivos identificarem sua localização geográfica e outras coisas mais.

Ainda de acordo com o site, estima-se um crescimento surpreendente na quantidade de tráfego até o final de 2020. Estudos realizados mostram que o número de dispositivos conectados que possuímos hoje em dia deverá ser 10 vezes maior durante os próximos anos. Nos países desenvolvidos, nota-se que a quantidade de usuários que utilizam *smartphones* e outros dispositivos que realizam o uso da banda larga está aumentando de maneira expressiva.

De acordo com (WANG et al., 2014), a implantação do 5G ocasionará vários obstáculos e para alcançar os objetivos será essencial uma grande transformação no modelo da arquitetura das redes de celulares. Ainda em (WANG et al., 2014), a melhoria da avaliação de desempenho das redes e o controle de interface ainda serão obstáculos a serem encarados no futuro.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2020.

## 7 A ARQUITETURA DA REDE 5G

As enormes antenas de telefonia dispersas nas ruas, em edifícios e morros não serão tão essenciais para a telecomunicação. Os equipamentos podem ficar pequenos o bastante para serem instalados em qualquer lugar, porém isso não quer dizer que a cobertura será melhor. (MENDES, 2013).

De acordo com (MENDES, 2013) a tecnologia 5G utiliza frequências mais elevadas que a 4G e, por este motivo, utilizam antenas compactas, porém com o alcance menor. Na implementação do 5G será necessário milhares de micro antenas espalhadas pelas ruas, casas e edifícios para atender cada região.

A rede 5G é flexível e dinâmica, ela se adapta às exigências dos usuários em qualquer horário e lugar. A habilidade de atualização tendo como o CR, faz com que os aparelhos móveis transfiram informações referentes ao ambiente. Para criar o ajuste adequado, os espectros usados pelos aparelhos que estão em volta realizam uma alteração de frequência, ajuste de potência de saída e modifica os parâmetros de transmissão (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012).

A arquitetura no plano IP possuirá maior eficiência, já que diminuirá o volume no ponto de agregação do tráfego e percorrerá diretamente das BSs para os *gateways* de mídia. Deste modo, os operadores de rede possuirão poder de se conectar a um único super núcleo de alta capacidade, diferente das telecomunicações existentes, que contém uma estrutura de tráfego, mandando informações para o ponto de agregação (BSC/RNC) e logo direciona para os *gateways*. A ideia de super núcleo é capaz de diminuir a latência e eliminar tarifas cobradas, além de outras dificuldades enfrentadas pelas operadoras (MENDES, 2013).

A nova tecnologia possui encaminhamento para a nanotecnologia: a Tecnologia Paralela Multimodo (PMM), a computação em nuvem, o CR e uma plataforma de IP, essa união é nomeado de núcleo mestre. Este núcleo mestre é responsável por gerenciar várias funções tecnológicas necessárias que o sistema possui. Por se tratar de uma tecnologia que se adapta às situações e está sempre sofrendo alterações, ela deve atender a um determinado grupo de obrigações com

o objetivo constante de disponibilizar o melhor serviço ao seu público alvo (PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA, 2012).

Com o propósito de ajudar a interação dos usuários e seus aparelhos, a tecnologia 5G pretende altas taxas de transferência e sincronização em tempo real, trabalho em conjunto entre as operadoras, baixo consumo de bateria, maior cobertura, melhor segurança e tarifas menores. (MENDES, 2013).

## **8 TECNOLOGIA 5G E SUA CONEXÃO COM O FUTURO**

“A principal revolução da internet 5G é conectar tudo o que nós não imaginávamos há alguns anos. Depois dos seres humanos ficarem conectados, agora é a vez do vestuário, do carro, das residências” (R7, 2020).

De acordo com (Khan, 2015) a tecnologia 5G possui dois grandes atributos: a capacidade de conectar milhões de dispositivos de uma forma mais rápida e possibilitar a coleta de um enorme volume de dados elevado comparado à conexão atual.

A internet 4G proporciona uma velocidade de 100 Mb/s, já a internet 5G propõe pelo menos 1 Gb/s, isto é, velocidade 10 vezes mais rápida. Esta conexão é capaz de realizar o download de um filme em 4K, simplesmente em alguns segundos (Khan et al. 2015).

A velocidade é um quesito importante, porém o que vai transformar todos nos próximos anos será o tempo de resposta que é muito curto. Isto é, que o espaço entre um comando e execução de algum dispositivo será algo próximo fora da vida da internet. O tempo de latência hoje é de 30 milissegundos e com o 5G deve cair para 5 milissegundos (TAKEDA, 2013).

Esta é a possibilidade para que automóveis autônomos não atropelam pedestres e nem se envolvam em acidentes, possibilita que as cirurgias sejam realizadas remotamente ou para que músicos sejam capazes de tocar seus instrumentos em diferentes lugares sem perder o arranjo (GOMES, 2010).

Em relação à iluminação, alguns sensores vão facilitar na redução de gastos e na segurança, pois esses sensores inteligentes são capazes de diminuir e



aumentar a intensidade das luzes na presença de uma pessoa. (KRISHNAMACHARI, POWER, KIM et al., 2018; RASSIA e PARDALOS, 2017).

## **9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho tem como objetivo analisar os principais artigos disponíveis sobre as cidades inteligentes promovendo o melhor entendimento sobre como será a nova tecnologia 5G e como afetará na expansão dessas cidades, além disso, retrata as principais tecnologias utilizadas nas cidades inteligentes e a evolução da rede móvel, onde teve como princípio a análise de referências bibliográficas para fundamentar o estudo e ajudar na pesquisa. Vários artigos foram achados e possuíam informações importantes com relação às cidades inteligentes e a rede 5G.

O estudo apresenta uma contribuição considerável quanto à compreensão de como as cidades inteligentes depende do 5G, principalmente com o avanço surpreendente no número de dispositivos que dependerá da internet durante a próxima década. A tecnologia 5G vai trazer uma enorme agilidade e qualidade nas transferências de dados entre as cidades inteligentes. Além do mais, as transferências de informações com largura de banda maior vai proporcionar a troca de informações simultaneamente. As cidades inteligentes utilizam tecnologias e comunicação para ampliar a produção operacional. A ideia é conectar serviços de uma cidade através do uso da tecnologia, a fim de que, ela se torne mais favorável e melhor gerenciada. E isto será desenvolvido com a tecnologia 5G.

Um exemplo que demonstra o tema 5G é o gerenciamento de trânsito. Com os veículos conectados é capaz confirmar onde cada carro está, se as ruas possuem congestionamento ou tem poucos veículos trafegando, se é necessário utilizar uma rota alternativa formando um histórico de trânsito melhor do que temos hoje. Além disso, o 5G proporcionará a comunicação de um veículo com vários automóveis, semáforos inteligentes e câmeras de trânsitos, assegurando mais segurança, diminuição no tráfego, reduzindo a poluição, prevenindo acidentes, entre outras melhorias.

Outro exemplo é a questão de iluminação, que através de sensores conectados a rede 5G transmite informações em tempo real. Os sensores

configurados nas lâmpadas fazem aumentar ou diminuir a intensidade das luzes na presença de uma pessoa, ajudando na segurança e também na economia da energia elétrica.

A nova tecnologia 5G trará mais velocidade e qualidade nas trocas de dados entre as cidades inteligentes. Além do mais, a transferências de arquivos com largura de banda superior vai permitir o intercâmbio de informações em tempo real. Será capaz a transmissão de vídeos com melhor qualidade e melhor velocidade, por exemplo, as câmeras instaladas que monitoram as ruas irão transmitir os dados com mais velocidade e possivelmente não será essencial utilizar fibra óptica. O que torna o planejamento de monitoramento mais acessível do que é hoje. A tecnologia 5G também assegura reduzir gastos e aperfeiçoar as análises de dados, o que deve transformar a administração pública e deixá-la mais proativa e preditiva.

## 10 REFERÊNCIAS

Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J. A., Sotres, P., Santana, J. R., Gutierrez, V., Ramdhany, R., Gluhak, A., Krco, S., Theodoridis, E., et al. (2014). **Smartsantander: lot experimentation over a smart city testbed**. *Computer Networks*, 61:217–238.

Coetzee, L. and Eksteen, J. (2011). **The internet of things – promise for the future? An introduction**. In *IST-Africa Conference Proceedings, 2011*, pages 1–9.

Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., and Zorzi, M. (2014). **Internet of things for smart cities**. *Internet of Things Journal, IEEE*, 1(1):22–32.

Chen, M., Mao, S., and Liu, Y. (2014). **Big data: A survey**. *Mobile Networks and Applications*, 19(2):171–209.

Polato, I., Ré, R., Goldman, A., and Kon, F. (2014). **A comprehensive view of hadoop research - a systematic literature review**. *Journal of Network and Computer Applications*, 46:1–25.

Al Nuaimi, E., Al Neyadi, H., Mohamed, N., and Al-Jaroodi, J. (2015). **Applications of big data to smart cities**. *Journal of Internet Services and Applications*, 6(1):25.

Distefano, S., Merlino, G., and Puliafito, A. (2012). Enabling the cloud of things. In **Innovative Mobile and Internet Services in Ubiquitous Computing (IMIS)**, 2012 Sixth International Conference on, pages 858–863. IEEE.

PATEL, CHAUHAN e KAPADIYA. **5G: Future Mobile Technology-Vision 2020**. *International Journal of Computer Applications (0975 -8887)* Vol.54, No.17, Setembro, 2012.

Mitton, N., Papavassiliou, S., Puliafito, A., and Trivedi, K. (2012). **Combining cloud and sensors in a smart city environment**. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2012(1).

Perera, C., Zaslavsky, A. B., Christen, P., and Georgakopoulos, D. (2014). **Sensing as a service model for smart cities supported by internet of things**. *Trans. Emerging Telecommunications Technologies*, 25(1):81–93.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N., and Meijers, E. (2007). **Smart cities-ranking of european medium-sized cities**. Technical report, Vienna University of Technology.

KOMNINOS, Nikos. **The Architecture of Intelligent Cities: Integrating Human, Collective, and Artificial Intelligence to Enhance Knowledge and Innovation**. 2nd International Conference on Intelligent Environments, Institution of Engineering and Technology, Athens, 5-6 July 2006. (13 – 20), Disponível em: < <http://www.urenio.org/wp-content/uploads/2008/11/2006-The-Architecture-of-Intel-Cities-IE06.pdf> >, Acesso em 07/06/2020.

ANDREWS, J. G. et al. **What will 5g be?** *IEEE Journal on selected areas in communications*, IEEE, v. 32, n. 6, p. 1065–1082, 2014.

OECD. **The economic consequences of outdoor air pollution**. Paris: OECD Publishing, 2016.

ITPORTAL.IN. It Portal. 2014. [Www.itportal.in](http://www.itportal.in), Acesso em 07/06/2020.

[Www.itportal.in](http://www.itportal.in), Acesso em 07/06/2020.

THIRUPATHI, R.; ANGELINROSY, M. Generation of mobile wireless 1g to 5g technology.2012.

<https://estudio.r7.com/internet5gcomoseraaconexaoodofuturo-31012020>, Acesso em 07/06/2020.

MENDES, J. R. R. 5g: **A quinta geração**. Faculdade de Engenharia - Universidade do Porto, Portugal, 2013.

Khan, Z., Anjum, A., Soomro, K., and Tahir, M. A. (2015). **Towards cloud based big data analytics for smart future cities**. Journal of Cloud Computing, 4(1):1–11.

TEHRANI, M. N.; UYSAL, M.; YANIKOMEROGLU, H. **Device-to-device communication in 5g cellular networks: challenges, solutions, and future directions**. IEEE Communications Magazine, IEEE, v. 52, n. 5, p. 86–92, 2014.

WANG, C.-X. et al. **Cellular architecture and key technologies for 5g wireless communication networks**. IEEE Communications Magazine, IEEE, v. 52, n. 2, p. 122–130,2014.

MENDES, J. R. R. **5g: a quinta geração**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

GOMES, Pedro Miguel Amorim. **“FEUPCar: Condução Autônoma no Festival Nacional de Robótica”**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2010.

KRISHNAMACHARI, B. et al. I3: **An IoT marketplace for smart communities**. In: ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON MOBILE SYSTEMS, APPLICATIONS, AND SERVICES, 16., 2018, Munich. Proceedings... Munich: [s.n.], 2018.

RASSIA, S. T.; PARDALOS, P. M. **Smart City networks: through the Internet of things**. Cham: Springer, 2017.