



**Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"**

**LEONARDO MIGUEL DE PAULA**

**PLATAFORMA DE ESTACIONAMENTO INTELIGENTE PARA  
APOIAR SMART CITIES**

**Assis/SP  
2019**



Fundação Educacional do Município de Assis  
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis  
Campus "José Santilli Sobrinho"

**LEONARDO MIGUEL DE PAULA**

**PLATAFORMA DE ESTACIONAMENTO INTELIGENTE PARA  
APOIAR SMART CITIES**

Projeto de pesquisa apresentado ao curso de Ciência da Computação do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e a Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão.

**Orientando(a):** Leonardo Miguel de Paula  
**Orientador(a):** MSc. Guilherme de Cleve Farto

**Assis/SP  
2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

DE PAULA, Leonardo

**Plataforma de estacionamento inteligente para apoiar smart cities** / Leonardo Miguel de Paula. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2019. 54p.

Orientador: MSc. Guilherme de Cleve Farto  
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

1. Estacionamento Inteligente. 2. Internet das coisas. 3. Tráfego de Veículos. 4. Dispositivos Inteligentes. 5. Cidades Inteligentes.

FEMA

CDD: 005.24  
Biblioteca da

# PLATAFORMA DE ESTACIONAMENTO INTELIGENTE PARA APOIAR SMART CITIES

LEONARDO MIGUEL DE PAULA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

**Orientador:** \_\_\_\_\_  
MSc. Guilherme de Cleve Farto

**Examinador:** \_\_\_\_\_  
Dr. Almir Rogério Camolesi

## RESUMO

Um dos maiores desafios nos centros urbanos é encontrar uma vaga de estacionamento sem perder muito tempo. Desafios esses que são intensificados em horários de grande fluxo de veículos, sendo percorridas grandes distâncias até que seja encontrada uma vaga disponível. Tendo isso em mente, serão utilizados os conceitos de Internet das Coisas e Cidades Inteligentes em um protótipo de solução para tais desafios com foco em estacionamentos por meio de análises de projetos e artigos semelhantes. Em virtude das vantagens que os conceitos de IoT oferecem, a proposta deste trabalho é apoiar a utilização dos conceitos de Estacionamento Inteligente e Cidades Inteligentes com o estudo teórico destes conceitos em busca de soluções úteis no cotidiano de grandes cidades.

**Palavras-chave:** Estacionamento Inteligente, Cidades Inteligentes, Internet das Coisas.

## ABSTRACT

One of the major challenges in the urban centers is to find a free parking spot without wasting time. These challenges are intensified in high-flow vehicles schedule, being traveled great distances until a spot is available. With that in mind, the concepts of Internet of Things and Smart Cities will be used in a solution prototype for the challenges described with focus on parking lots by means of analysis of similar articles and projects. By virtue of advantages that the concepts of IoT offers, this project proposal is to support the use of Smart Parking and Smart Cities concepts with the theoretical studies of these concepts in search of useful solutions in the daily life of big cities.

**Keywords:** Smart Parking, Smart Cities, Internet of Things.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Perspectivas da Smart City.....	23
<b>Figura 2:</b> Esquema de Smart City da Accenture .....	24
<b>Figura 3:</b> A Internet das coisas surgiu entre 2008 e 2009 .....	30
<b>Figura 4:</b> Rede de IoT.....	31
<b>Figura 5:</b> Arduíno UNO R3.....	33
<b>Figura 6:</b> Sketch Arduíno.....	35
<b>Figura 7:</b> Protocolo UART .....	37
<b>Figura 8:</b> Sensor Ultrassônico .....	38
<b>Figura 9:</b> Visual Studio 2019.....	39
<b>Figura 10:</b> Arquitetura de Componentes.....	43
<b>Figura 11:</b> Programação do Projeto .....	45
<b>Figura 12:</b> Esquema.....	46

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Total de Veículos no Estado de São Paulo em 2017.....	17
<b>Tabela 2:</b> Proporção de Carros por Habitante .....	18



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3. JUSTIFICATIVAS .....</b>	<b>13</b>
<b>1.4. MOTIVAÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>1.5. PERSPECTIVAS DE CONTRIBUIÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.6. METODOLOGIA DE PESQUISA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO .....</b>	<b>15</b>
<b>2. DESAFIOS EM CIDADES E ESTACIONAMENTOS.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. TRÁFEGO EM GRANDES CIDADES .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. IMPACTOS DOS CONGESTIONAMENTOS .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. DIFICULDADES EM ESTACIONAMENTOS.....</b>	<b>20</b>
<b>3. SMART CITIES .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. CONCEITOS TECNOLÓGICOS .....</b>	<b>23</b>
<b>3.3. CONSTRUÇÃO DE SMART CITIES.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.1. DESAFIOS .....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.2. DESVANTAGENS.....</b>	<b>25</b>
<b>3.3.3. VANTAGENS.....</b>	<b>26</b>
<b>4. INTERNET OF THINGS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1. DEFINIÇÃO DE INTERNET DAS COISAS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2. INTERNET DAS COISAS DE HOJE.....</b>	<b>29</b>
<b>4.2.1. INTERNET DAS COISAS COMO UMA REDE.....</b>	<b>30</b>
<b>5. PROPOSTA DE TRABALHO.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1. PROTÓTIPO PARA ESTACIONAMENTO.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2. FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.1. ARDUÍNO UNO R3 .....</b>	<b>32</b>
<b>5.2.2. ARDUÍNO IDE.....</b>	<b>33</b>

<b>5.2.3. WEB SERVICES .....</b>	<b>36</b>
<b>5.2.4. PROTOCOLO UART.....</b>	<b>37</b>
<b>5.2.5. SENSOR DE PROXIMIDADE .....</b>	<b>38</b>
<b>5.3. FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS DE APOIO.....</b>	<b>38</b>
<b>5.3.1. VISUAL STUDIO 2019 .....</b>	<b>39</b>
<b>5.3.2 ANGULAR.....</b>	<b>40</b>
<b>5.3.2 BOOTSTRAP .....</b>	<b>40</b>
<b>5.3.3 JQUERY.....</b>	<b>40</b>
<b>5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>41</b>
<b>6. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....</b>	<b>42</b>
<b>6.1. ARQUITETURA DE COMPONENTES.....</b>	<b>42</b>
<b>6.1.2. DESCRIÇÃO DA ARQUITETURA .....</b>	<b>43</b>
<b>6.1. CONEXÃO DOS COMPONENTES.....</b>	<b>44</b>
<b>6.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO .....</b>	<b>44</b>
<b>7. CONCLUSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>7.1 PROJETOS FUTUROS.....</b>	<b>47</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Diante do crescimento acelerado das grandes cidades, a demanda de veículos também tem aumentado de maneira significativa, fazendo com que o trânsito piore consideravelmente e congestionamentos tornem-se comuns. A frota de veículos em São Paulo cresceu em quase 150 mil veículos, apenas de janeiro a dezembro de 2015 (DETRAN, 2015).

Grande parte do tráfego das grandes cidades é gerado por motoristas que estão à procura de vagas de estacionamento, na rua e/ou em estabelecimentos particulares. Segundo (KOSTER; KOCH; BAZZAN, 2014), cerca de 40% do tráfego de Nova Iorque é constituído por veículos à procura de vagas de estacionamento, intensificando os congestionamentos, bem como a emissão de poluentes. Por este motivo, discutir os desafios e oportunidades no tema de cidades, torna-se uma atividade crítica e de grande importância, particularmente com vistas ao cenário futuro de crescimento populacional nos centros urbanos (WEISS; BERNARDES; CONSONI, 2017).

Problemas associados a aglomerações urbanas têm sido normalmente resolvidos pela criatividade, capital humano e cooperação de partes interessadas e ideias científicas por meio de soluções inteligentes. O termo “cidade inteligente” deve, portanto, apontar para soluções inteligentes em áreas urbanas, permitindo que, desde de pequenas cidades até grandes centros urbanos, prosperem por meio de melhorias quantitativas e qualitativas de produtividade (DEAKIN, 2013).

Uma cidade possui diversos tipos de recursos que podem ser melhor aproveitados com apoio de dispositivos inteligentes, pois tornam os componentes das cidades ainda mais eficientes na utilização destes recursos. O estacionamento é uma parte importante da cidade, devendo manter os veículos seguros, enquanto a população realiza demais atividades cotidianas. Devido ao limite de estacionamento e à quantidade de vagas, a concepção e desenvolvimento de dispositivos inteligentes e conectados à internet para alocação de veículos faz-se extremamente necessária (GONÇALVES, ALVES, 2015).

Um protótipo de solução de *Smart Parking* pode ser uma aposta inteligente para lidar com diversos desafios e problemas mencionados como, por exemplo, o tráfego caótico de veículos nas grandes cidades, além da emissão de poluentes, já que o tempo gasto em busca de um local adequado para estacionar contribui significativamente com estes aspectos negativos.

Além disso, esta pesquisa também pretende servir de apoio inicial para a implementação de um dispositivo em forma de protótipo para *Smart Cities*, resultando em novas ideias que possam facilitar o cotidiano nas grandes cidades.

## 1.2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste projeto é o de realizar uma pesquisa acerca dos conceitos de *Smart Parking* e das ferramentas necessárias para o desenvolvimento de uma plataforma de estacionamento inteligente que servirá de apoio para *Smart Cities*.

Como resultados desta pesquisa, espera-se aplicar os conceitos de *Smart Cities* e *Smart Parking* no desenvolvimento de um protótipo de solução com Internet das Coisas. Os materiais gerados, bem como a implementação prática, serão discutidos sobre os aspectos de desafios e oportunidades para cidades inteligentes.

Para alcançar o objetivo desta pesquisa, serão aplicados os conceitos de *Smart Cities* e *Smart Parking* para o estudo e o desenvolvimento de uma solução para estacionamento inteligente. De forma a possibilitar a elaboração e execução das etapas teóricas e práticas, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar e compreender os conceitos de *Smart Cities* e *Smart Parking*;
- Pesquisar e analisar os fundamentos de Internet das Coisas;
- Propor uma plataforma de solução por meio dos conceitos estudados:
  - Apresentar um contexto para o desenvolvimento do projeto;
  - Pesquisar e analisar os componentes e ferramentas necessárias para desenvolvimento em *IoT*;
  - Implementar uma solução baseada nos conceitos de *Smart Parking*.

### 1.3. JUSTIFICATIVAS

Segundo estatísticas (DETRAN, 2016), a frota de veículos da cidade de São Paulo aumentou, entre janeiro e dezembro de 2016, em quase 200 mil. Um crescimento de quase 50 mil veículos em comparação com o mesmo período do ano de 2015. Devido ao aumento da frota de veículos, acidentes acabam se tornando mais frequentes. Foram registrados em São Paulo, no ano de 2011, uma média de 20 acidentes por quilômetro, sendo a maioria deles por colisão traseira (DNIT, 2011).

De acordo com (PEREIRA; SCHWANEN, 2013), o tempo médio de deslocamento casa-trabalho de um paulistano em 2009, era de 43 minutos. Com o aumento de mais de 30% na frota de veículos de 2009 para 2017, o tempo médio de deslocamento casa-trabalho atualmente, é de mais de 60 minutos.

Tendo em vista o crescente número de veículos que trafegam em grandes cidades, estacionar pode se tornar um desafio para muitos motoristas, ocasionando perda de tempo e contribuindo para diversos problemas no trânsito. A imprudência dos condutores e alto índice de acidentes são exemplos de problemas no trânsito atualmente. Devido a esses problemas, há a dificuldade de encontrar vagas livres para estacionamento e também dificulta na realização da manobra de estacionamento, principalmente por idosos e motoristas principiantes (PRADO et al., 2013).

O desenvolvimento de um protótipo de plataforma de estacionamento inteligente por meio do conceito de *Smart Parking* servirá para reduzir e/ou resolver parte de tais problemas com o apoio de dispositivos de *IoT* que coletam e compartilham, em tempo real, dados sobre as cidades conectadas à Internet.

## 1.4. MOTIVAÇÃO

No Brasil, a rede brasileira de Cidades Inteligentes e Humanas, é uma iniciativa da Frente Nacional dos Prefeitos (FNP) e do Fórum Nacional dos Secretários e Dirigentes de Ciência, Tecnologia e Inovação. Criada em 2014, tem como objetivo desenvolver Cidades Inteligentes e Humanas no Brasil. A rede se conecta com instituições do mundo todo, entre elas a Comissão Europeia e o Banco Mundial, servindo como motivação para diversos outros projetos e estudos de desenvolvimento de *Smart Cities* no Brasil (CUNHA et al., 2016).

O desenvolvimento deste projeto de pesquisa consiste no fato de que *Smart Parking* é um tema pouco explorado no Brasil e pode contribuir de forma relevante para o uso do conceito de *Smart Cities* no país.

O conceito de *Smart Parking* pode facilitar em muitos aspectos o tráfego de veículo nas cidades, como por exemplo, melhor aproveitamento de espaço e melhor aproveitamento de tempo por parte dos motoristas, resultando em melhorias para o trânsito de grandes cidades.

Utilizar os conceitos de *Smart Parking* pode contribuir para a implantação de *Smart Cities* no Brasil, facilitando em diversas outras áreas que podem ser beneficiadas por meio de Internet das Coisas, como por exemplo, saúde e educação.

## 1.5. PERSPECTIVAS DE CONTRIBUIÇÃO

Em julho de 2012, Kianpishch et al. (2012) desenvolveram um dispositivo de estacionamento, chamado de *Smart Parking System*, usando os conceitos de *Smart Cities* para ajudar motoristas a encontrar espaços vagos mais facilmente. O dispositivo funciona usando placas de LED que mostram quantas e quais tipos de vagas estão disponíveis no momento. O principal objetivo deste estudo foi introduzir o maior problema nos estacionamentos, que é encontrar uma vaga disponível, e propor uma solução utilizando os conceitos de *Smart Parking* e *Smart Cities*.

Ao concluir esta pesquisa, pretende-se publicá-la em forma de artigos e revistas e divulgá-la em instituições de ensino e/ou pessoas e empresas com interesse nesta área com o objetivo de promover e compartilhar os conhecimentos e resultados

alcançados. O protótipo de solução para *Smart Parking* possibilitará que o conceito de *Smart Cities* seja mais conhecido no Brasil e abordado em outras áreas que podem se beneficiar dos conceitos de Internet das Coisas.

## 1.6. METODOLOGIA DE PESQUISA

Para definir os objetivos propostos nesta pesquisa, uma metodologia foi definida com base nos conceitos de *IoT*, *Smart Parking* e *Smart Cities*, de forma a adquirir os conhecimentos necessários por meio da leitura de artigos científicos, livros, monografias, dissertações, teses, guias práticos e técnicos, livros e fontes digitais confiáveis e projetos anteriores tornando possível a elaboração e implementação de um protótipo de plataforma de estacionamento inteligente para comprovar a aplicabilidade do modelo proposto.

Primeiramente, serão realizados estudos dos conceitos de *Smart Parking* e *Smart Cities*. Em seguida, serão realizados estudos de ferramentas utilizadas para desenvolvimento de componentes que utilizam Internet das Coisas. Posteriormente aos estudos teóricos, uma plataforma e um dispositivo de *IoT*, serão propostos modelados e desenvolvidos para auxiliar nos desafios do contexto de *Smart Parking*

## 1.7. ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura deste trabalho será composta das seguintes partes:

- **Capítulo 1 – Introdução:** Neste capítulo, será contextualizada a área de estudo, apresentando os objetivos, justificativa e motivação para o desenvolvimento desta pesquisa.
- **Capítulo 2 – Desafio em cidades e estacionamentos:** Neste capítulo, serão discutidos os desafios encontrados no tráfego de veículos, com foco nos estacionamentos, abordando seus efeitos nas grandes cidades por meio de análises e estatísticas.
- **Capítulo 3 – *Smart Cities*:** Neste capítulo, serão abordados os principais conceitos de *Smart Cities*, apresentando sua importância e crescimento nos dias de hoje.

- **Capítulo 4 – Internet of Things:** Neste capítulo, pretende-se abordar os principais conceitos de *Internet of Things*, apresentando sua importância nos dias de hoje.
- **Capítulo 5 – Proposta de Trabalho:** Neste capítulo, pretende-se apresentar o protótipo de estacionamento inteligente, baseado nos conceitos de *Smart Cities*, *Smart Parking* e *Internet of Things*.
- **Capítulo 6 – Desenvolvimento do Projeto:** Neste capítulo, pretende-se detalhar o desenvolvimento e finalização do projeto proposto.
- **Capítulo 7 – Conclusão:** Neste capítulo, serão revisitados e discutidos os principais conceitos utilizados para a conclusão da pesquisa, bem como expectativas de contribuição na área de *Smart Cities*.
- **Referências**



## 2. DESAFIOS EM CIDADES E ESTACIONAMENTOS

Esta sessão tem como objetivo apresentar os desafios encontrados no tráfego de veículos nos grandes centros urbanos, com foco nos estacionamentos, abordando seus efeitos por meio de análises e estatísticas de projetos anteriores. O capítulo aborda os impactos que o grande tráfego de veículos causa na sociedade e como isso pode ser remediado de por meio de alternativas inteligentes.

### 2.1. TRÁFEGO EM GRANDES CIDADES

Os grandes centros urbanos no Brasil sofrem com a quantidade de veículos que trafegam na cidade, principalmente em horários de pico, tornando difícil e estressante a locomoção e dificultando no dia a dia destas cidades, além de provocar graves consequências para a vida dos cidadãos, e grandes prejuízos econômicos e sociais (RESENDE, SOUSA, 2009).

De acordo com estatísticas (DETRAN, 2017), o número de veículos da capital paulista cresceu em mais de 200 mil veículos (carros, motos, caminhões, ônibus), em um intervalo de apenas um ano, sendo 25% do crescimento total da frota de veículos de todo o estado de São Paulo no mesmo período de tempo.

Estado de SP	Janeiro 2017	Dezembro 2017
Capital	8.386.718	8.603.239
Estado	28.412.904	29.164.426

**Tabela 1:** Total de veículos no Estado de São Paulo em 2017

**Fonte:** DETRAN, 2017

O número de veículos cada vez mais elevado faz com que a capital paulista se torne mais caótica e de difícil locomoção mesmo para quem utiliza transportes coletivos, já que nos horários de pico, o número de veículos nas ruas ao mesmo tempo se torna absurdamente grande, afetando negativamente a vida dos cidadãos.

O horário de pico é um padrão que afeta todas as cidades, mas são intensificados de acordo com a taxa populacional. Esse padrão faz com que muitas pessoas precisem se locomover ao mesmo tempo, por motivos de trabalho ou escola, e ocorre geralmente na parte da manhã, entre 7 e 9 horas, e na parte da tarde, entre 17 e 19 horas. O resultado disso é a sobrecarga de veículos nas vias públicas, provocando os congestionamentos (DOWNS, 2004; RESENDE, SOUSA, 2009).

Nas grandes cidades, há uma preferência muito grande pelo transporte individual, intensificando o volume de veículos, já que são muitos carros com apenas uma pessoa (DOWNS, 2004). A individualidade nas grandes cidades tem um papel muito significativo em metrópoles, impactando de forma negativa o tráfego de veículos dessas cidades (ROSS, YINGER, 2000).

O número de carros registrados de São Paulo atualmente já ultrapassa a marca de 6 milhões, sendo, atualmente, pouco menos de 2 habitantes para cada carro na capital. A tendência é que esse número só aumente, já que a quantidade de carros aumenta mais do que o número de habitantes da maior cidade brasileira (VALLE, 2017).

Os carros representam o tipo de veículo que mais utiliza das vias da grande São Paulo: são nada menos do que 70% da frota de mais de 8 milhões de veículos que trafegam pela capital paulista atualmente (VALLE, 2017). Tendo isso em vista, os custos de infraestrutura das vias da cidade ficam cada vez mais caros enquanto o número de veículos cresce, sendo necessário ser de prioridade máxima dos setores administrativos.

Na tabela 2, é mostrado a proporção de veículos por habitantes de grandes centros urbanos.

Capitais	Habitantes	Carros	Habitantes/Carros
Curitiba	1,893,997	957.807	1,9
Belo Horizonte	2.523.794	1.158.596	2,1
Florianópolis	485.838	225.225	2,1
São Paulo	12.106.920	6.054.915	1,9

**Tabela 2:** Proporção de carros por habitante

**Fonte:** Dados da Pesquisa

Atualmente a situação das grandes cidades é considerada preocupante, se levado em consideração o grande volume de veículos que trafegam diariamente por elas. Tendo em vista esse fato, a mobilidade nestas cidades deve ser prioridade das administrações públicas (RESENDE, SOUSA, 2009), que devem buscar soluções por meio da tecnologia para tentar amenizar esses problemas.

## 2.2. IMPACTOS DOS CONGESTIONAMENTOS

A grave situação do trânsito das grandes cidades brasileiras provoca diversos impactos na vida dos cidadãos e na qualidade de vida que a cidade oferece. Trânsito congestionado desperdiça tempo, provoca estresse e poluição, diminui a produtividade e tem um custo à sociedade igual a 2 ou 3% do PIB do país (BERTINI, 2005).

São Paulo representa pouco mais de 12% do PIB brasileiro, fenômenos, como os congestionamentos, que afetam a produtividade de uma cidade impactam fortemente sobre a competitividade do estado e país. O trânsito caótico de São Paulo impõe um custo elevado e crescente para o setor produtivo da cidade, sendo necessário uma postura mais efetiva do poder público no enfrentamento do problema, uma vez que compromete a qualidade de vida da população e a competitividade da economia (OS CUSTOS DO CONGESTIONAMENTO NA CIDADE DE SÃO PAULO, p. 11).

Os impactos na competitividade da economia desestimulam pessoas e empresas a se estabelecerem em uma região, ao mesmo tempo que desencoraja pessoas e empresas já estabelecidas a procurarem outro local com menos congestionamento para futura expansão de capacidade (DOWNS, 2004). Downs, constatou que o aumento do número de veículos é muito maior do que a construção de ruas e avenidas. Uma das razões para isso são as energéticas medidas das montadoras para aumentar seu lucro, investindo fortemente em promoção e financiamento de veículos. Como resultado disso, as pessoas estão optando por viajar sozinhas, o que aumenta os congestionamentos.

A utilização do automóvel pelo cidadão traz diversos benefícios, porém, sem a devida estrutura, pode abalar todo o funcionamento de uma cidade, fazendo com que suas

vias fiquem superlotadas, sendo necessária a inclusão na quantificação dos custos os impactos decorrentes da utilização massiva de veículos para a sociedade (IPEA, 1998). O grande volume de veículos também faz com que os gases emitidos pelos mesmos fiquem muito elevados, fazendo com que a poluição seja um dos principais e mais nocivos impactos dos congestionamentos em grandes cidades. Os danos causados a saúde do cidadão podem ser graves a longo prazo.

### 2.3. DIFICULDADES EM ESTACIONAMENTOS

Na medida que os problemas com congestionamentos se intensificam, surge também uma grande dificuldade de achar vagas para estacionamento. Tendo em vista que os problemas urbanos são, quase sempre, considerados como falta de planejamento das cidades, talvez possamos esquecer que esse pode ser um erro de planejamento equivocados, ou seja, deliberadamente provocados (TORRES, 2013). Para Torres, isso fica evidente se analisadas as políticas de estacionamento de grande parte das cidades. De um lado, as leis de zoneamento possuem regras rígidas obrigando a oferta de um número mínimo de vagas, tendo como objetivo evitar que os veículos ocupem o espaço viário. De outro lado, tem a falta de regulação dos estacionamentos na rua, gerando desequilíbrio entre oferta e demanda com impactos negativos de excesso de tráfego e perda de qualidade de vida.

Com a frota de veículos em crescimento alarmante, estacionar se tornou uma tarefa cansativa e estressante em grandes e até pequenas cidades, principalmente em horários de pico. Problemas de estacionamento têm se tornado cada vez mais frequente em cidades grandes, fazendo com que muitas pesquisas fossem feitas pelo mundo em busca de algum sistema de gerencia para estacionamentos inteligentes (SRIKANTH et al, 2009).

De acordo com Srikanth et al (2009), várias pesquisas são conduzidas nessa área, mas os sistemas de gerenciamento de estacionamentos atuais raramente abordam os problemas de espaço do estacionamento, condução de veículos, reserva de estacionamento etc. A maioria destes sistemas possuem controle de entrada e saída e usam detectores de veículos como elemento essencial para estacionamento inteligente. Esse tipo de sistema costuma ter muitos problemas de instalação e

manutenção que podem atrapalhar as atividades do estacionamento, por isso estudos em busca de novas tecnologias são necessárias.

Pelos problemas listados, estacionar se torna um transtorno, principalmente para novos motoristas e motoristas idosos que não possuem habilidade necessária para manobras de estacionamento. Uma das grandes dificuldades é entrar no estacionamento sem saber se existe vaga ou não para estacionar. Em horários de pico, o estacionamento está com grande parte das vagas ocupadas, obrigando o motorista a desperdiçar tempo e combustível a procura de uma vaga disponível. Estes problemas decorrem da falta de um mecanismo que possa aproveitar as informações de estacionamento de forma a fazer com que o motorista possa saber facilmente onde encontrar uma vaga disponível sem perder muito tempo (GONÇALVES, ALVES, 2015).

### 3. SMART CITIES

Neste capítulo, serão abordados os principais conceitos de *Smart Cities*, apresentando sua importância e crescimento nos dias de hoje, como podem ser aplicados e seus impactos positivos no cotidiano das grandes cidades brasileiras como meio de solução para problemas de trânsito.

#### 3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

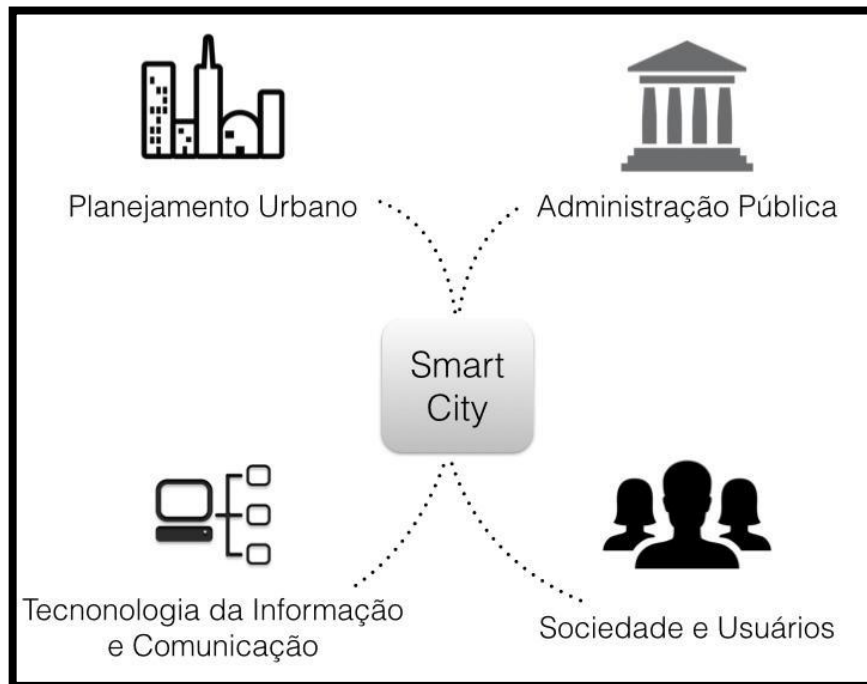
O termo “cidades inteligentes” refere-se a dispositivos estratégicos para planejamento e gestão inteligente de cidades. O termo tem sido cada vez mais relacionado ao emprego eficiente de Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) como uma ferramenta para auxiliar na infraestrutura e serviços da cidade, trazendo melhor qualidade de vida (GAMA, ALVARO, PEIXOTO, 2012). O conceito também é interpretado por alguns autores como algo associado à atração de capital humano (GLAESER, BERRY, 2006), ou como combinação deste aspecto com qualidade de vida (SHAPIRO, 2006), essas interpretações têm como objetivo de tentar explicar o rápido crescimento de cidades que abrigam pessoas altamente capacitadas.

Nos anos 1990, o debate entre a TIC e o espaço urbano, estava em sustentação do termo não mais usado, “cidades digitais”. O objetivo era compor esse espaço de uma infraestrutura digital eficiente, como forma a encorajar processos inovadores nas estruturas de governo, empresas e comércio. O intuito era reaquecer o ambiente público, aumentar os laços comunitários e a participação política. A inclusão social seria feita por meio da democratização do acesso a equipamentos tecnológicos (LEMOS, 2013).

O termo passou de “cidades digitais” para “cidades inteligentes”, (do inglês, *smart cities*). O digital significava acesso a computadores e a implantação da Internet no espaço urbano, inteligente é compreendido como processos informatizados sensíveis ao contexto, lidando com um gigantesco volume de dados (Big Data), redes em nuvens e comunicação autônoma entre diversos objetos (Internet das Coisas). Nas cidades inteligentes, o foco é tudo ser sensível ao ambiente, assim como produzir e distribuir informações em tempo real (LEMOS, 2013).

A implementação de *smart cities* tem como objetivos uma necessidade de ampliação terminológica e valorativa de caráter urbanístico do desenvolvimento sustentável, além de uma renovação das reflexões acerca da governança nos espaços urbanos segundo esse novo paradigma (GUIMARÃES, XAVIER, 2016).

Na Figura 1 é mostrado como cada entidade urbana se mesclam em seu conteúdo e se ligam para dar origem a uma *Smart City*.



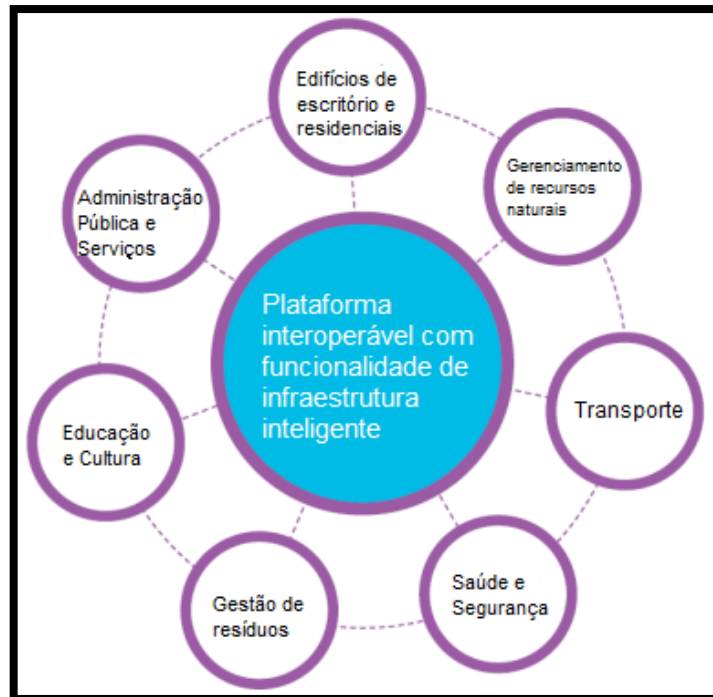
**Figura 1:** *Perspectivas da Smart City* (In: PRADO, SANTOS, 2014, p. 15)

### 3.2. CONCEITOS TECNOLÓGICOS

A tecnologia é exposta como conceito primordial das cidades inteligentes, tido como uma espécie de motor para este ambiente inovador. A TIC é considerada com uma infraestrutura essencial para os teóricos que possuem essa visão, porém, para os que pensam diferente, esta infraestrutura é tida como apenas um instrumento, e não foco de análise (PRADO, SANTOS, 2014).

Uma *Smart City*, de acordo com a empresa norte-americana IBM, é a integração entre os princípios de interconexão, instrumentação e inteligência (KOMNINOS, 2011).

Harrison et al (2014), utiliza as mesmas três palavras para descrever a cidade inteligente. A Figura 2 abaixo, da empresa *Accenture*, mostra que a *Smart City* é uma plataforma aberta e interoperacional com funcionalidade de infraestrutura inteligente conectando as várias esferas que compõem a cidade.



**Figura 2:** Esquema de Smart City da Accenture (In: PRADO, SANTOS, 2014, p. 16)

A instrumentação permite a captura de dados em tempo real usando sensores e medidores conectados em rede. A interconexão tem a função de integrar esses dados em uma plataforma computacional para que ganhem significado e possam ser usados em diversos serviços urbanos. A inteligência significa inclusão de otimização de processos, modelagem de dados, técnicas analíticas complexas e visualização de resultados para que sejam tomadas melhores decisões operacionais (HARRISON et al., 2014).



### 3.3. CONSTRUÇÃO DE SMART CITIES

#### 3.3.1. DESAFIOS

Os desafios para a construção de uma *Smart City* são diversos, em recursos e questões operacionais. A existência de desafios urbanos como falta de saneamento, prevalência de favelas, inexistência de transporte público adequado, dentre outras carências, acabam atrapalhando a necessidade de modernização das infraestruturas de tecnologia da informação, eficiência energética, automação, e outros temas ligados às cidades inteligentes (MACAYA, JÚNIOR, 2017).

Por isso Macaya, Júnior, (2014), acreditam que compreender tais situações contextuais podem impedir ou tornar mais difícil a transição de uma cidade para o estágio de *Smart City* é de grande importância para que as iniciativas necessárias sejam formuladas e implementadas considerando não apenas os benefícios previstos, mas também novos benefícios que poderão ser considerados mais tarde.

#### 3.3.2. DESVANTAGENS

É preciso que os municípios considerem as vantagens e desvantagens da transição para uma *Smart City*, de modo que estratégias necessárias sejam desenvolvidas para que possam diminuir ou remediar possíveis efeitos negativos que possam surgir (MACAYA, JÚNIOR, 2017). Algumas destas desvantagens podem ser: a exclusão digital; controle de vigilância dos cidadãos, incluindo questões de privacidade, transparência e compilação de dados pessoais, já que todo cidadão deve ter o direito de decidir conscientemente sobre a coleta e uso de informações por sensores e aplicações urbanas no que diz respeito a sua propriedade e privacidade (ANGELIDOU, 2014).

A exclusão digital e as desigualdades que os avanços tecnológicos trazem devem ser tratados com especial atenção no desenho e gestão das iniciativas. Por isso, diretamente ligada ao tema de cidades inteligentes deve estar também a promoção da inclusão digital. Este é um desafio ligeiramente complexo em cidades e países em

desenvolvimento, que é caracterizado pela fragmentação urbana e concentração de investimentos de infraestrutura em zonas urbanas mais privilegiadas, onde é vivida uma realidade de recursos insuficientes e carências e desafios urbanos (MACAYA, JÚNIOR, 2017).

Levando em conta que a proposta de soluções urbanas baseadas no uso de tecnologias é um dos principais componentes para a implementação de uma *Smart City*, a inclusão-digital é uma questão chave para que toda a população possa se beneficiar das oportunidades promovidas. Caso contrário, essa iniciativa poderia piorar as desigualdades tanto no acesso às TIC, como nos serviços urbanos (MACAYA, JÚNIOR, 2017).

### 3.3.3. VANTAGENS

O Modelo de *Smart Cities*, apesar das dificuldades de implementação e de construção, também possui vantagens, que, dependendo da maneira em que for implementada e das necessidades de cada cidade, pode auxiliar no crescimento e sustentabilidade econômica, fazendo que a economia possa dar continuidade a si mesma, (PRADO, SANTOS, 2014).

Para ser inteligente, uma cidade deve fazer investimentos no capital humano e social, e na infraestrutura de comunicação tradicional (transporte) e moderna (TIC), de forma a estimular um crescimento econômico sustentável e um alto nível de qualidade de vida, sendo associado a um gerenciamento sensato dos recursos naturais (SCHAFFERS et al., 2011). Pode-se dizer também que a *Smart City* aplica uma governança participativa, promovendo a gestão eficiente de recursos, crescimento sustentável e econômico e grande melhora na qualidade de vida (PRADO, SANTOS, 2014).

Uma *Smart City* é uma cidade que sabe pensar do presente para o futuro, seja nas questões sociais, governamentais, ambientais ou econômicas, construída a partir da combinação inteligente de doações e atividades de cidadãos independentes e conscientes (CHOURABI et al., 2012).

Harrison (2014), engenheiro emérito da IBM, diz que a *Smart City* procura resolver problemas reais em cidades, sejam eles novos ou antigos, por meio de grande quantidade de informações que foram descobertas nas últimas décadas e estão disponíveis hoje, e declara que o importante é criar uma cidade que seja melhor em algum aspecto.

## 4. INTERNET OF THINGS

Neste capítulo, pretende-se abordar os principais conceitos de *Internet of Things*, apresentando sua importância nos dias de hoje, os impactos que objetos inteligentes, especialmente em relação à estacionamentos e tráfegos pode trazer nos grandes centros urbanos.

### 4.1. DEFINIÇÃO DE INTERNET DAS COISAS

A Internet das Coisas é algo que obtemos quando conectamos coisas não operadas por seres humanos à Internet. Atualmente a principal maneira de comunicação da Internet é humana, e pode ser considerada como futura avaliação da Internet que realiza aprendizagem máquina a máquina (M2M – do inglês *Machine to Machine*) fornecendo conectividade para tudo e todos (WAHER, 2015).

A palavra “Internet” no termo “*Internet of Things*”, faz uma analogia com a Web dos dias de hoje, em que brevemente as “coisas” terão habilidades de comunicação umas com as outras, proverão e usarão serviços, proverão dados e poderão reagir a ventos. Outra analogia é que *IoT* seja vista como uma pilha de protocolos utilizados nos objetos inteligentes (DEIDMAR, SOBREIRA, LIMA, 2017).

Tudo em questão a tecnologia de hoje em dia pode ser conectado, um telefone a uma cafeteira, por exemplo, A criação do termo “Internet das Coisas”, é ter processos pré-definidos, informações e dados facilitando o dia a dia a qualquer momento com facilidade, tornando a rotina diária melhor. O mundo conectado, tudo mais dinâmico e mais organizado do que antes (DEIDMAR, SOBREIRA, LIMA, 2017).

A União Internacional de Telecomunicações (ITU – do inglês *International Telecommunication Union*), define a *IoT* como uma infraestrutura global para a sociedade da informação, permitindo serviços avançados por meio da interconexão de coisas baseadas em tecnologias interoperáveis de informação e comunicação existentes e em evolução (ITU, 2012).

A ideia básica da *IoT* é permitir a conexão autônoma e segura e troca de dados entre dispositivos e aplicações do mundo real (FAN, CHEN, 2010). A *IoT* funciona

incorporando alguma inteligência em objetos conectados à Internet para se comunicar, trocar informações, tomar decisões e invocar ações. Assim sendo, pode fornecer serviços surpreendentes, podendo ser útil e popular para instituições acadêmicas, indústrias até organizações governamentais, uma vez que tem potencial para trazer significativos benefícios pessoais, econômicos e profissionais (SILVA, 2017).

#### 4.2. INTERNET DAS COISAS DE HOJE

A Internet das Coisas já é uma realidade em muitos países, inclusive o Brasil. Televisões do tipo *Smart* que se conectam a internet para acessar diversos aplicativos já estão disponíveis em praticamente toda loja de eletrônicos. Modelos de vídeo games onde pessoas do mundo todo podem jogar juntas online, câmeras de segurança que podem ser acessadas por meio de smartphones, e muitas outras tecnologias que estão se tornando cada vez mais comuns graças a *IoT*. Os computadores ocupam espaço importante e essencial no modelo atual de sociabilidade que configura os setores da sociedade como comércio, política, serviços de entretenimento, relacionamento, informação. Os resultados são evidentes, sendo que essas mudanças transformaram o cenário social na busca pela melhoria e facilitação da vida e das práticas dos indivíduos (DEIDMAR, SOBREIRA, LIMA, 2017).

A *IoT* é o momento exato em que foram conectados mais “coisas ou objetos” do que pessoas. Em 2003, havia cerca de 6,3 bilhões de pessoas no mundo e 500 milhões de dispositivos conectados à internet. Com base na definição da Cisco IBSG, a *IoT* não existia em 2003, pois o número de itens conectados à internet era relativamente pequeno considerando que dispositivos comuns, como smartphones, estavam apenas sendo apresentados na época. O Cisco IBSG estima que a *IoT* surgiu entre 2008 e 2009, como visto na Figura 3, Hoje a *IoT* está bem estabelecida já que os dispositivos inteligentes continuam a progredir rapidamente no mercado. (EVANS, 2011).

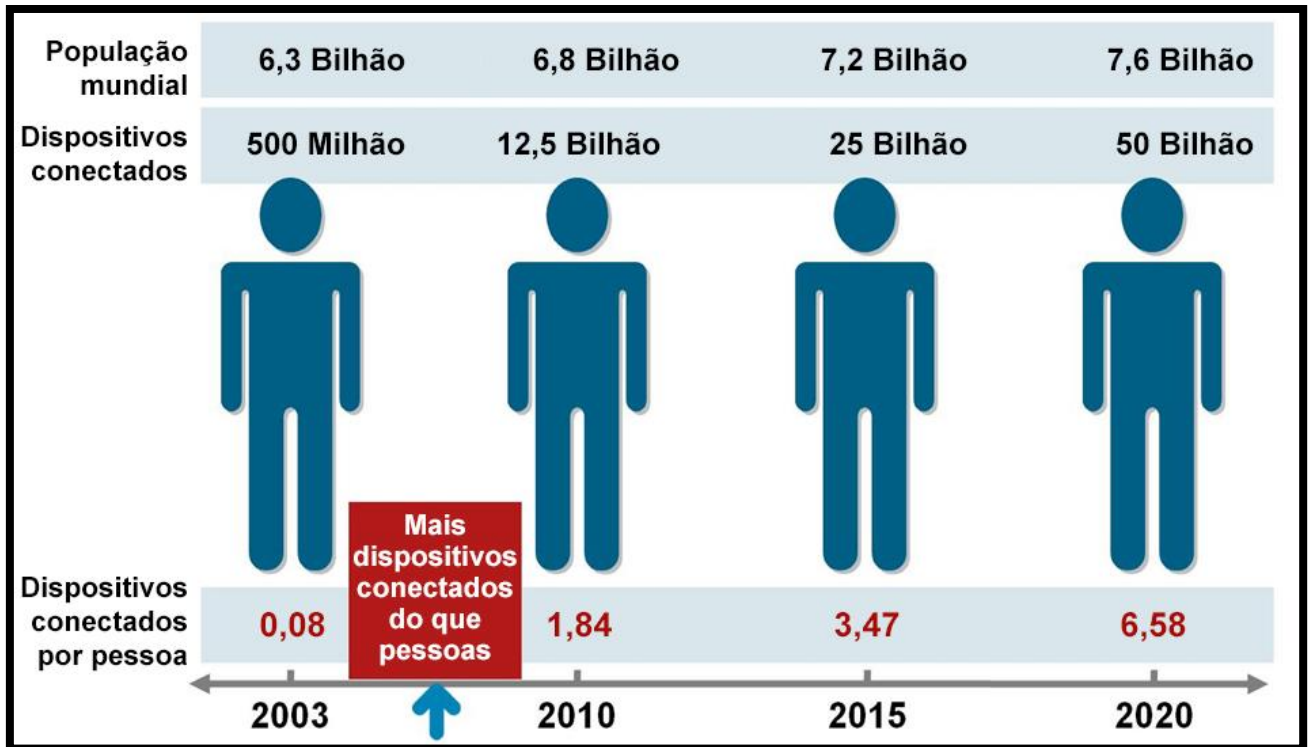


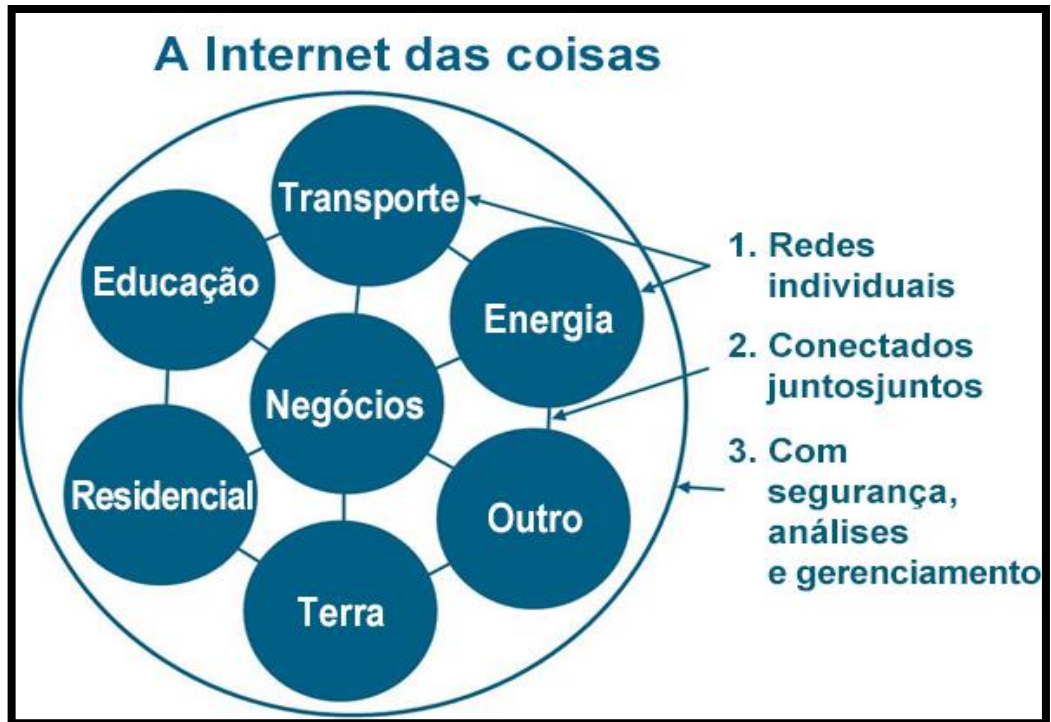
Figura 3: A Internet das coisas surgiu entre 2008 e 2009

Fonte: CISCO IBSG, 2011 (Adaptado de EVANS, 2011, p. 3)

#### 4.2.1. INTERNET DAS COISAS COMO UMA REDE

Atualmente a *IoT* é composta com uma junção livre de muitas redes diferentes e criadas para uma função específica. Um exemplo, os carros possuem várias redes que controlam a função do motor, recursos de segurança, sistema de comunicação e mais. Assim como prédios comerciais que possuem suas redes específicas, como sistemas de aquecimento, ventilação, telefonia, segurança e iluminação (EVANS, 2011)

Essas redes e muitas outras se conectam com mais recursos de segurança, gerenciamento e análise, como visto na Figura 4, permitindo que a *IoT* se torne mais eficaz em sua missão de ajudar no dia a dia das pessoas (EVANS, 2011).



**Figura 4:** Rede de IoT

**Fonte:** CISCO IBSG, 2011 (Adaptado de EVANS, 2011, p. 5)

## 5. PROPOSTA DE TRABALHO

Neste capítulo, pretende-se apresentar o protótipo de estacionamento inteligente, baseado nos conceitos de *Smart Cities*, *Smart Parking* e *Internet of Things*.

### 5.1. PROTÓTIPO PARA ESTACIONAMENTO

Por meio de análise e estudo dos problemas relacionados aos congestionamentos e dificuldade para estacionar em grandes cidades, foram utilizados os conceitos de Cidades Inteligentes, Estacionamento Inteligente e Internet das Coisas para elaboração de um protótipo de plataforma de estacionamento inteligente. O projeto foi construído usando placa arduíno UNO R3 e sensor ultrassônico como ferramentas principais.

O projeto tem o objetivo de aplicar os conceitos mostrados nos capítulos anteriores em uma aplicação para *Smart Parking* que aborde os problemas estudados com o intuito de propor uma solução inteligente utilizando tecnologias e ferramentas de simples aplicação que serão descritas nos capítulos abaixo, integradas por meio de um webservice.

### 5.2. FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS

Nesta seção serão descritas as tecnologias e ferramentas usadas no projeto, assim como suas funcionalidades e principais componentes.

#### 5.2.1. ARDUÍNO UNO R3

O arduíno Uno R3 é uma placa de microcontrolador baseada no ATmega328. Tem 14 pinos de entrada e saída digital, 6 entradas analógicas e um cristal oscilador de 16MHz, conexão USB, entrada de alimentação, conexão ICSP e um botão de reset. O arduíno pode ser alimentado pela conexão USB ou com uma fonte externa, opções



que são selecionadas automaticamente. A placa pode funcionar com uma alimentação externa de 6 a 20volts, não sendo recomendável alimentação inferior a 7volts ou superior a 12 volts, podendo deixar a placa instável ou superaquecer e danificar a placa respectivamente (SOUZA, 2013).



**Figura 5:** Arduíno UNO R3


**Fonte:** ARDUÍNO UNO (SOUZA, 2013)

### 5.2.2. ARDUÍNO IDE

O Arduíno IDE é um software que permite a criação de sketches para a placa arduíno a partir da linguagem C/C++ ou LUA. Quando realizado o upload da IDE os códigos são compilados e enviados ao armazenamento da placa para serem processados pelo microprocessador do Arduíno.

Após concluído o envio do sketch para o Arduíno não há mais a necessidade de uma conexão contínua com um computador, que passa apenas a servir com fonte de alimentação, já que a placa pode agir como um computador independente com memória suficiente para guardar o código compilado.

No sketch são definidas as configurações das portas e as variáveis utilizadas no projeto que serão executados por meio da função setup, enquanto a função loop, que é um laço de repetição, é executada enquanto a placa estiver ligada a uma fonte elétrica (SILVA, MUXITO, 2018).

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is "Blink | Arduino 1.5.3-Intel.1.0.4". The menu bar includes "File", "Edit", "Sketch", "Tools", and "Help". Below the menu bar is a toolbar with icons for saving, running, and uploading. The main editor area contains the following code:

```
/*
 * Blink
 * Turns on an LED on for one second, then off for one second, repeatedly.
 *
 * This example code is in the public domain.
 */

// Pin 13 has an LED connected on most Arduino boards.
// give it a name:
int led = 13;

// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize the digital pin as an output.
  pinMode(led, OUTPUT);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  digitalWrite(led, HIGH); // turn the LED on (HIGH is the voltage level)
  delay(1000);             // wait for a second
  digitalWrite(led, LOW);  // turn the LED off by making the voltage LOW
  delay(1000);             // wait for a second
}
```

The status bar at the bottom left shows the line number "1" and the board name "Intel® Edison on COM1".

Figura 6: Sketch Arduino

Fonte: ARDUÍNO IDE GETTING STARTED GUIDE (2015)

### 5.2.3. WEB SERVICES

Web Services são funcionalidades disponibilizadas em um ambiente de computação distribuída na forma de serviços, sendo este um termo usado para se referir a uma função de software que implementa uma tarefa do negócio, ou realiza uma função genérica (ELIAS et al., 2014).

É de grande importância que haja uma linguagem intermediária fazendo com que a comunicação entre a linguagem do Web Service e o sistema que faz a requisição ao Web Service seja possível. Os protocolos SOAP (*Simple Object Access Protocol*) e o protocolo REST (*Representation State Transfer*) existem como solução para tal questão, servindo como ponte para os dois sistemas.

Por meio do XML e do protocolo HTTP, o protocolo SOAP envia e transporta os dados respectivamente. O documento WSDL (*Web Service Definition Language*), utilizado juntamente ao protocolo SOAP, descreve as operações disponíveis e a localização do Web Service, fornecendo também a informação necessária para que a comunicação entre os sistemas seja estabelecida.

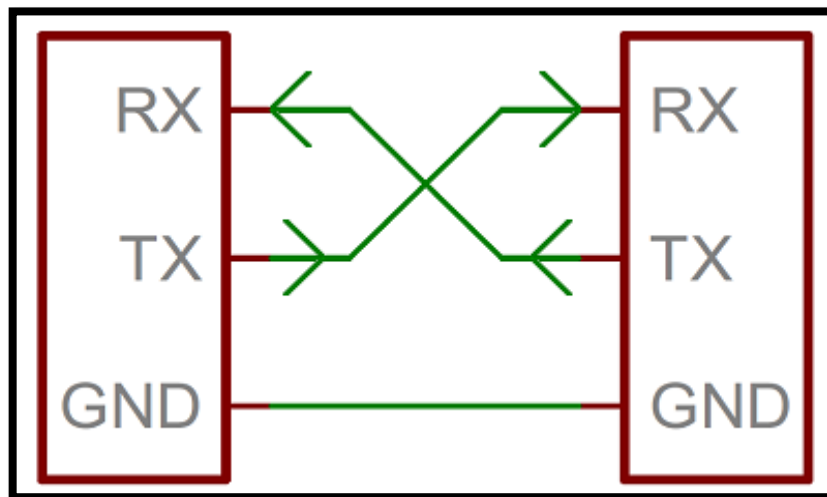
O protocolo de comunicação REST surgiu mais recentemente com o propósito de facilitar e simplificar o acesso aos Web Services. Tendo como base o protocolo HTTP, permite a utilização de múltiplos formatos de representação de dados, como XML, RSS, JSON e muitos outros. Sendo assim, uma de suas vantagens é sua flexibilidade já que não limita os formatos de representação de dados.

O REST foi desenvolvido por Roy Fielding, um dos criadores do protocolo HTTP, sendo assim, dois protocolos com muitas semelhanças. O protocolo REST foi literalmente idealizado para uso em conjunto com o protocolo HTTP, desta forma, para melhor uso, é necessário bom conhecimento do protocolo HTTP (SAUDATE, 2014).

#### 5.2.4. PROTOCOLO UART

UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) é um protocolo de comunicação assíncrona utilizados por microcontroladores, responsável pela conversão da comunicação paralela em serial, sendo, na maioria das vezes, convertida em outro protocolo, tendo como exemplo o Arduino UNO, que utiliza o protocolo UART, mas tem o protocolo convertido para USB.

Por ser uma comunicação assíncrona, a comunicação é feita pelos pinos Rx/Tx que utilizam do *baudrate* (medida em bits por segundo) como referência.



**Figura 7:** Protocolo UART

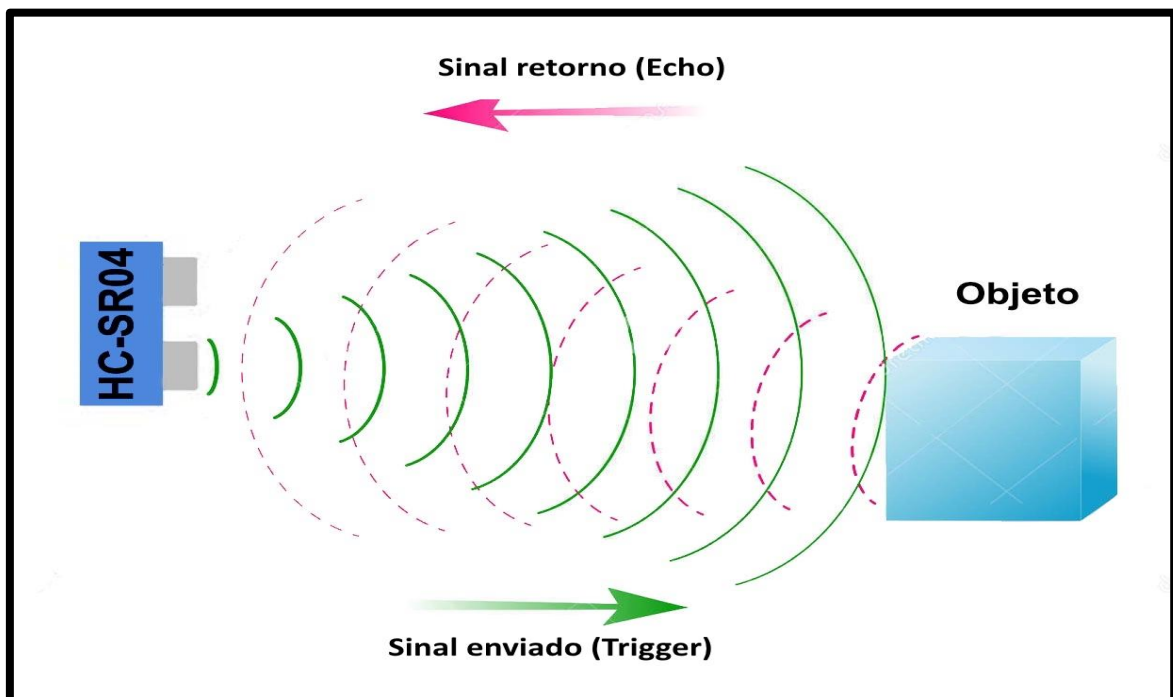
**FONTE:** <https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication>

Na falta de dados, as duas linhas apresentam o nível lógico 1. O nível lógico 0, *start bit*, antecede os bits de dados, que são terminados por um ou mais *stop bits* ao nível lógico 1.

### 5.2.5. SENSOR DE PROXIMIDADE

O sensor ultrassônico conectado a placa arduino permite fazer a leitura de objetos entre 2 centímetros e 4 metros. O funcionamento se baseia no envio de sinais ultrassônicos feito pela porta trigger. A porta echo é responsável pelo retorno do sinal, calculando a distância entre o sensor e o objeto detectado com base no tempo entre envio e retorno.

A Figura 5 ilustra o funcionamento do sensor ultrassônico na detecção de objetos próximos, mostrando como é feito o envio dos sinais e o recebimento do mesmo para medir a distância até o obstáculo.



**Figura 8:** Sensor Ultrassônico

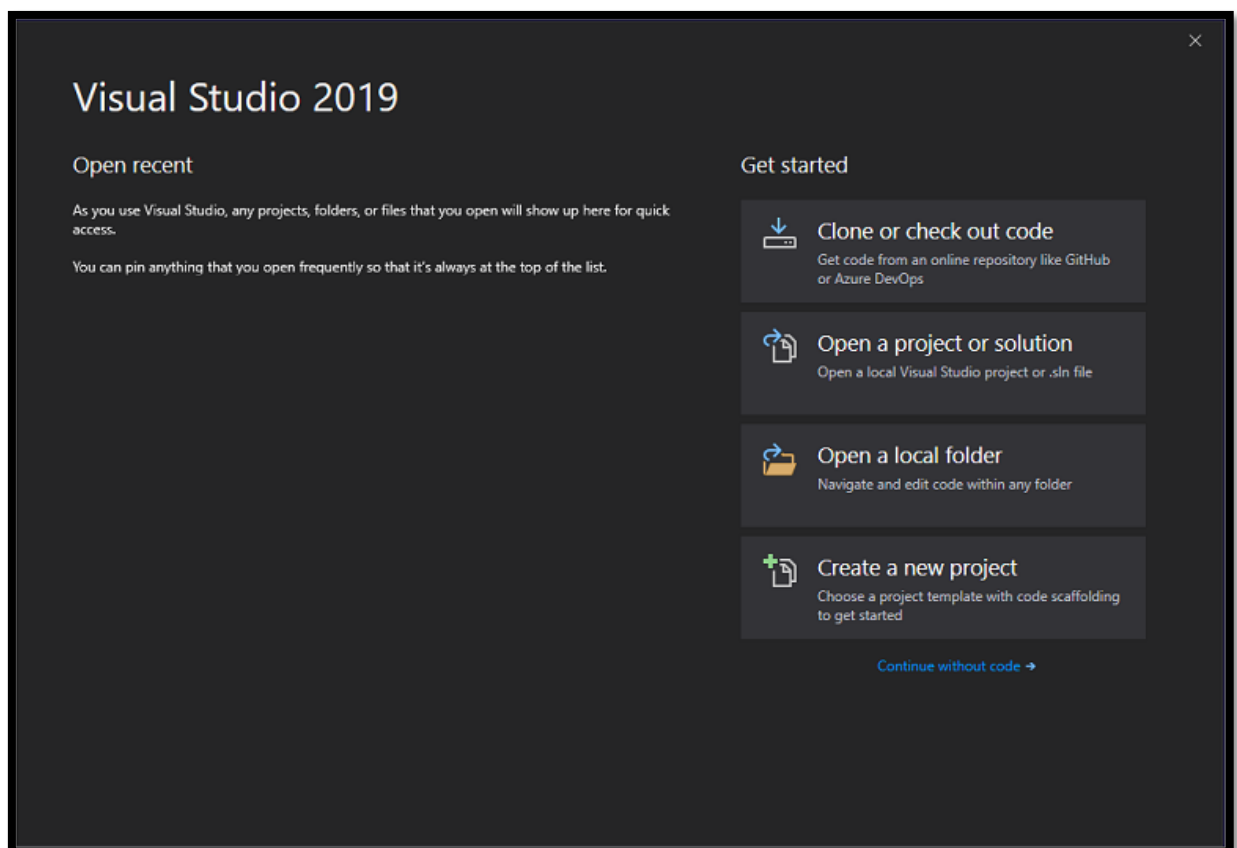
**Fonte:** FUNCIONAMENTO DO SENSOR ULTRASSÔNICO (THOMSEN, 2011)

### 5.3. FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS DE APOIO

Nesta seção serão descritas as ferramentas de apoio usadas durante a construção do projeto assim com suas funcionalidades e principais componentes.

### 5.3.1. VISUAL STUDIO 2019

Microsoft Visual Studio é um ambiente de programação desenvolvido pela Microsoft especialmente dedicado ao .NET Framework e às linguagens Visual Basic, Visual Basic (VB), C/C++, C# e F# e também um produto para desenvolvimento web por meio da plataforma ASP NET (NOVIDADES NO VISUAL STUDIO, 2019).



**Figura 9:** Visual Studio 2019

**Fonte:** NOVIDADES NO VISUAL STUDIO (2019)

Foram utilizadas principalmente as plataformas web do Visual Studio 2019 para prototipação e criação de interfaces para exposição de dados do projeto por meio de ferramentas como *Bootstrap* e *Jquery*.

### 5.3.2 ANGULAR

Angular é um framework e plataforma para desenvolvimento de interface de aplicações que utilizam CSS, HTML e *JavaScript*, criado pelos desenvolvedores da Google.

A plataforma Angular se estende do HTML em um formato mais expressivo e legível, deixando o código sem grandes arquivos HTML de difícil leitura, muito utilizado para desenvolvimento web. Com o Angular é possível decorar o HTML com marcações que sincronizam com o *JavaScript*, permitindo escrever códigos lógicos com recursos de *back-end* no *front-end* (BHANSALI et al., 2014).

### 5.3.2 BOOTSTRAP

O termo *Bootstrap* no século XVIII se referia a processos realizados sem ajuda externa mas com facilitação interna. Hoje o termo se refere à um *framework front-end* para desenvolvimento web criado em 2010 por Mike Otto e Jacob Thornton, na época funcionários do Twitter.

Na época da criação, a ideia era padronizar as interfaces gráficas e evitar inconsistências diversas. Hoje o *framework* conta com diversas classes em CSS prontas, assim como plugins em *JavaScript* (*JQuery*) para implementar recursos de maneira fácil e com pouco código (LEONE, 2017).

### 5.3.3 JQUERY

*JQuery* é uma das bibliotecas mais populares do *JavaScript*. Criada em 2006 por John Resig, tem o propósito de facilitar o desenvolvimento de códigos *JavaScript*. Com o *Jquery* é possível compactar várias linhas de código em uma única função, facilitando e diminuindo consideravelmente seu tamanho e facilitando o entendimento.



Uma das principais características do *JQuery* são os recursos de plataforma cruzada. Os erros são corrigidos automaticamente e a execução é a mesma para os principais navegadores, evitando problemas de compatibilidade (GONÇALVES, 2019).

#### 5.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio da utilização das ferramentas e tecnologias descritas acima, foi desenvolvido um protótipo de plataforma de estacionamento inteligente que consiste em um sensor de distância ligado ao Arduíno que faz a captura dos dados de distância de determinado objeto e essa informação é armazenada em uma pequena aplicação web para leitura de vagas de estacionamento.

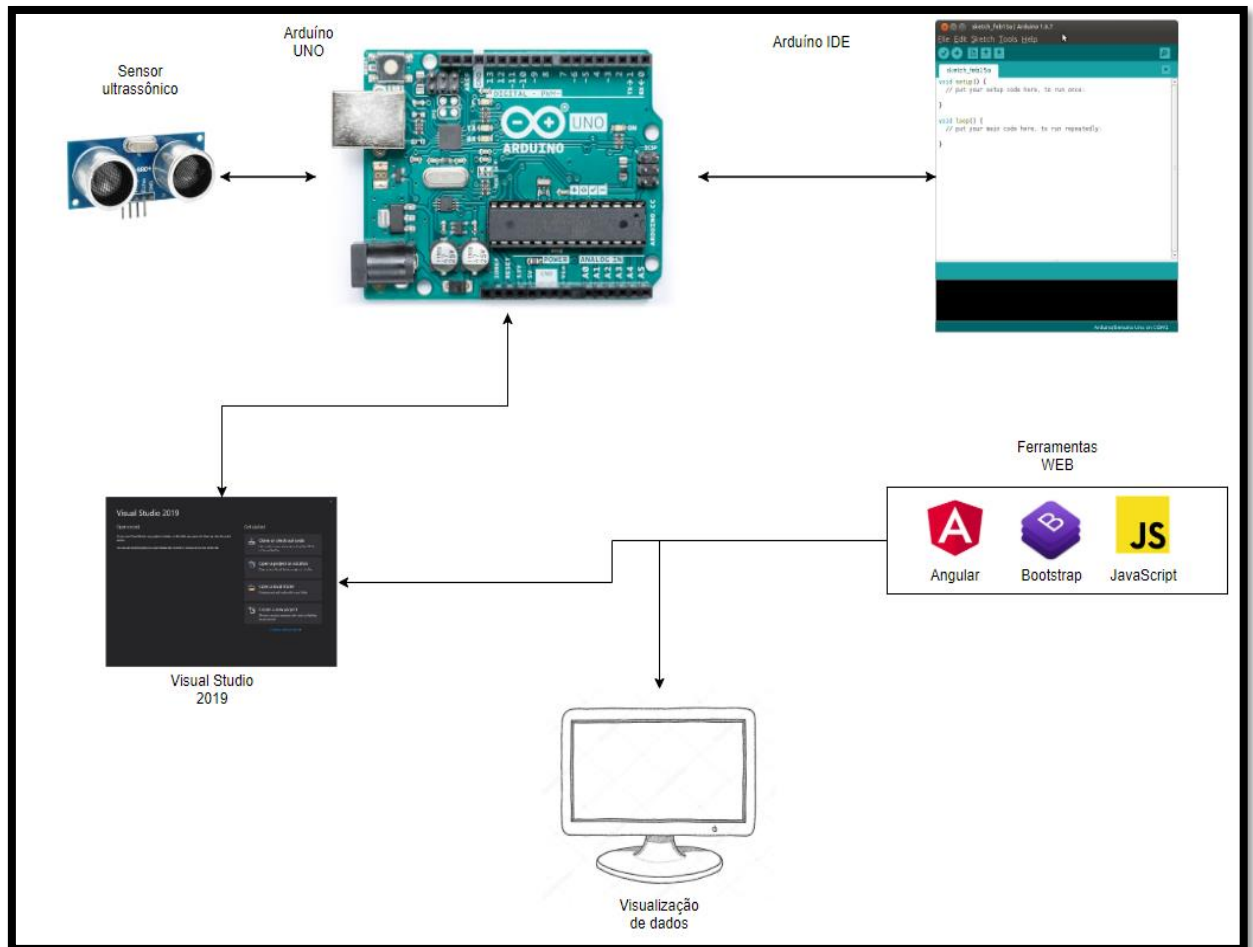
## 6. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Neste capítulo será descrito o passo a passo do desenvolvimento do projeto de protótipo de estacionamento inteligente utilizando Arduino UNO e sensor ultrassônico.

### 6.1. ARQUITETURA DE COMPONENTES

Nesta seção serão mostrados a conexão dos componentes utilizados no projeto utilizando um diagrama de arquitetura de componentes conforme mostrado na Figura 10.

O diagrama tem como objetivo demonstrar como os componentes que compõe o projeto se conectam para que possa ser feito melhor uso das informações capturadas pelas ferramentas utilizadas. Por meio dele é possível ter uma primeira impressão de como funciona o projeto final.



**Figura 10:** Arquitetura de Componentes

### 6.1.2. DESCRIÇÃO DA ARQUITETURA

Tendo como ferramentas principais o Arduino Uno e o sensor ultrassônico, foram utilizadas ferramentas de apoio como o próprio Arduino IDE, ferramenta nativa para desenvolvimento de projetos com Arduino, e também as ferramentas para desenvolvimento web, Bootstrap, JavaScript e Angular, utilizadas por meio do Visual Studio 2019.

As ferramentas de desenvolvimento web foram utilizadas para criação de telas para a visualização e consumo dos dados capturados pelo sensor ultrassônico e Arduino. servindo como apoio ao projeto, por meio das ferramentas utilizadas é possível visualizar a distância até o obstáculo detectado pelo sensor.

## 6.1. CONEXÃO DOS COMPONENTES

Neste capítulo serão descritas como foram feitas as conexões de hardware utilizados no projeto.

Os componentes de hardware utilizados foram ligados à um protoboard de 830 pontos e ao Arduíno usando as seguintes conexões para cada componente:

- Sensor Ultrassônico:
  - VCC conectado à porta 5v do Arduíno;
  - TRIGGER conectado à porta 9 do Arduíno;
  - ECHO conectado à porta 10 do Arduíno;
  - GND conectado à porta GND do Arduíno
  
- Buzzer
  - Polo positivo conectado à porta 11 do Arduíno;
  - Polo negativo conectado à porta GND do Arduíno;
  
- Led Vermelho
  - Polo positivo conectado à um resistor conectado à porta 13 do Arduíno;
  - Polo negativo conectado à porta GND do Arduíno

## 6.2. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O projeto foi desenvolvido utilizando o Arduíno UNO e um protoboard de 830 pontos para a ligação do sensor ultrassônico, o buzzer e o led colorido. A programação foi feita por meio da plataforma nativa do Arduíno, Arduíno IDE. A figura 11 mostra parte do código utilizado na programação do projeto.

The image shows a screenshot of a code editor window. The title bar at the top reads "tccetste \$". The code is written in C++ and is enclosed in a `void loop()` function. It starts by setting the trigPin to LOW and delaying for 2 microseconds. Then, it sets the trigPin to HIGH for 10 microseconds and returns it to LOW. Next, it reads the echoPin using `pulseIn` to get the duration in milliseconds. A distance is calculated as  $\text{duration} \times 0.034 / 2$ . A safety distance of 5 cm is defined. If the measured distance is less than or equal to 5 cm, the buzzer and a red LED are turned on. Otherwise, they are turned off. Finally, the distance is printed to the serial monitor.

```
void loop() {
// Limpa o trigPin
digitalWrite(trigPin, LOW);
delayMicroseconds(2);

//Seta o trigPin HIGH por 10 ms
digitalWrite(trigPin, HIGH);
delayMicroseconds(10);
digitalWrite(trigPin, LOW);

// Leitura do echoPin, retornando o valor em ms
duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

// Calculo da distancia
distance= duration*0.034/2;

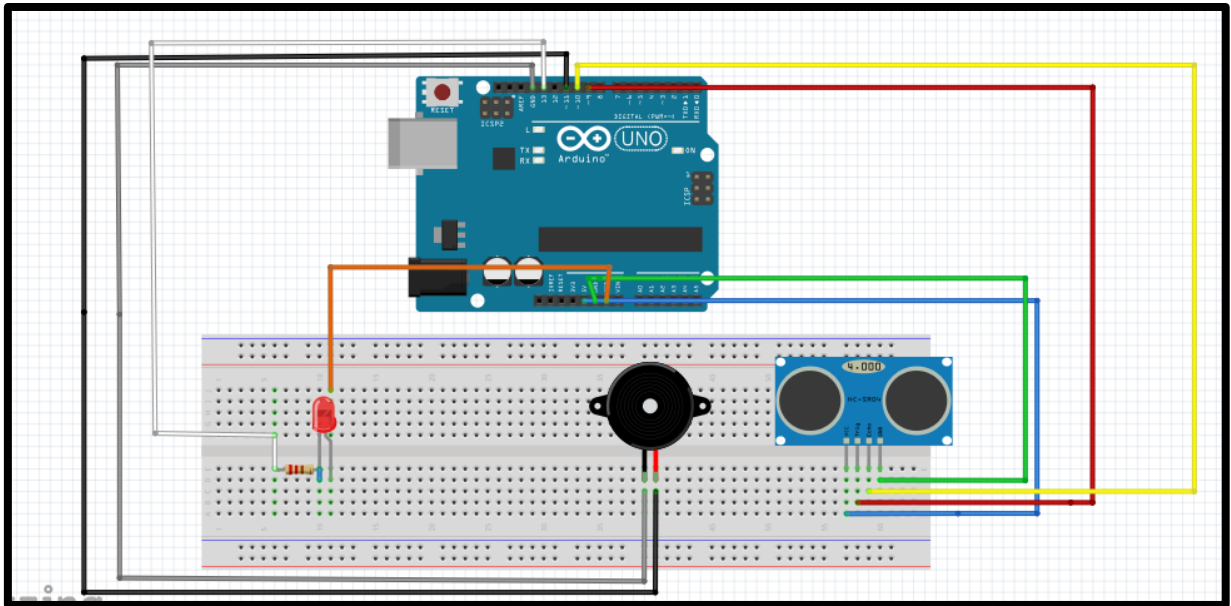
safetyDistance = distance;
if (safetyDistance <= 5){
    digitalWrite(buzzer, HIGH);
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
}
else{
    digitalWrite(buzzer, LOW);
    digitalWrite(ledPin, LOW);
}

Serial.print("Distance: ");
Serial.println(distance);
}
```

Figura 11: Programação do Projeto

Por meio do código acima, é definido que o sensor ultrassônico fará a detecção de um obstáculo a uma distância de 5 centímetros e, a partir disso, será enviada a informação ao buzzer e ao led colorido que emitirá o som de alarme e acenderá a luz vermelha respectivamente.

A figura 12 mostra o esquema da construção do projeto utilizando todos os componentes citados.



**Figura 12:** Esquema

O protótipo apresenta de forma simplificada o funcionamento de um sensor de estacionamento, buscando apresentar os recursos apresentados no desenvolvimento da pesquisa, assim como busca servir de base para uma futura continuação utilizando de forma mais completa os recursos que foram apresentados durante a pesquisa.

## 7. CONCLUSÃO

O protótipo para plataforma de estacionamento inteligente tem como principal objetivo servir como base de estudos para a construção de projetos que possam ajudar a amenizar a grande dificuldade para encontrar uma vaga de estacionamento, causada pela massiva frota de veículos das grandes cidades.

Projetos que buscam facilitar o trânsito no Brasil e no mundo são cada vez mais comuns por consequência da crescente frota de veículos e das dificuldades que isso causa nos grandes centros urbanos principalmente.

Uma das maiores consequências da grande frota de veículos é a dificuldade em achar uma vaga de estacionamento, já que a grande maioria dos centros urbanos não possui estrutura para tantos veículos e nem a política pública necessária para que essas dificuldades sejam contornadas.

O protótipo proposto tem como base principal o estudo das consequências da massiva frota de veículos e aplicação dos conceitos estudados em um pequeno projeto simulando um sensor de proximidade usado nos veículos atualmente.

### 7.1 PROJETOS FUTUROS

*Smart Parking* e *Smart Cities* são temas importantíssimos para a sociedade atual e que estão em constante crescimento devido ao aumento da tecnologia e pela busca por soluções inteligentes para lidar com problemas relacionados a crescente frota de veículos e pessoas nas cidades do Brasil e do mundo.

Tendo em vista os problemas e recursos apresentados durante o desenvolvimento da pesquisa, pretende-se dar continuidade ao projeto com a finalidade de apresentar de forma mais completa o que foi proposto durante toda a pesquisa.

A combinação dos recursos apresentados juntamente com a necessidade de resolver problemas relacionados a estacionamentos podem dar origem a grandes projetos que podem abranger não só estacionamentos, mas todas as entidades que compõe uma

cidade. Um exemplo são as pesquisas e projetos utilizando *Internet of Things* na educação e saúde, que também possuem grandes desafios que podem ser parcialmente ou totalmente solucionados por opções inteligentes que utilizem dos recursos apresentados.



## REFERÊNCIAS

ANGELIDOU, Margarita. **Smart city policies: A spatial approach**. Aristotle University of Thessaloniki, School of Architecture, Department of Urban Planning and Regional Development. Grécia, 2014.

**Arduíno Getting Started**. 2015. Disponível em: <<https://software.intel.com/en-us/get-started-arduino-blink>>. Acesso em 20/08/2019.

BERTINI, Roberto L; **You Are The Traffic Jam: An Examination of Congestion Measures**. 85th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington, DC. November, 2005.

BHANSALI, Ashok. **AngularJS: A Modern MVC Framework in JavaScript**, Journal of Global Research in Computer Science, v. 5, n.12, Dezembro, 2014.

CHOURABI, H., et al. **Understading Smart Cities: Na Integrative Framework**. Hawaii International Conference on System Sciences. 2012.

THOMSEN, ADILSON. **Como Conectar o Sensor Ultrassônico ao Arduíno**. Disponível em <<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-ultrassonico-hc-sr04-ao-arduino/>>. Acesso em: 15/082019.

CUNHA, Maria; PRZEYBILOVICZ, Erico; MACAYA, Javiera; BURGOS, Fernando. **Smart Cities: Transformação Digital de Cidades**. 1. ed. São Paulo, Programa Gestão Pública e Cidadania, 2016.

DEAKIN, Mark. **Smart Cities: Governing, Modelling, and Analysing The Transition**. Editora: Routledge, 2013.

DETRAN. **Frota de Veículos de São Paulo – por tipo de veículo**. São Paulo – SP. Disponível em <<http://www.detran.sp.gov.br/wps/wcm/connect/portaldetran/detran/detran/estatisticastransito>>. Acesso em: 08/11/2018.

DNIT. **Estatísticas de Acidentes**. São Paulo – SP. Disponível em <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviararias/estatisticas-de-acidentes>>. Acesso em: 15/11/2018.

DEIDMAR, Gabriel Lima; SOBREIRA, Demóstenes da Silva; LIMA, Welton Dias. Internet das Coisas na Educação. **Revista Tecnologias em Projeção**, v. 8, n. 2, 2017, p. 67.

DOWNS, Anthony. **Still stuck in traffic: coping with peak-hour congestion**. Washington, DC: Brookings institution Press, 2004.

ELIAS, Alexandre Artimos de Araujo, et al. **Ardweather: Uma Estação Meteorológica Baseada no Arduíno e em WebServices Restful**, XIV Safety, Health and Environment World Congress, 2014.

EVANS, Dave. A Internet das Coisas: Como a próxima evolução da internet está mudando tudo. **Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)**. Abril, 2011.

Fan, T; Chen, Y. **A Scheme of Data Management in the Internet of Things**. 2nd IEEE International Conference on Network Infrastructure and Digital Content, 2010.

GAMA, Kiev; ALVARO, Alexandre; PEIXOTO, Eduardo. **Em Direção a um Modelo de Maturidade Tecnológica para Cidades Inteligentes**. In: VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação, 2012, Brasil.

GLAESER, E., L.; BERRY, C., R. **Why Are Smart Places Getting Smarter**. Taubman Center Policy Brief, Harvard Kennedy School, Março, 2006.

GONÇALVES, Ariane. **O Que é Jquery e Para Que Serve?**. Disponível em: <<https://hostinger.com.br/tutoriais/o-que-e-jquery/>>. Acesso em 10/08/2019.

GONÇALVES, Wesley R. C; ALVES, Gleifer Vaz. **Smart Parking: Mecanismo de Leilão de Vagas de Estacionamento Usando Reputação Entre Agentes**. 2015. 6 p. Departamento Acadêmico de Informática – Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Paraná, Ponta Grossa. 2015.

GUIMARÃES, Patrícia Borba; Xavier, Yanko Marcius. Smart Cities e Direito: Conceitos e Parâmetros de Investigação da Governança Urbana Contemporânea. **Revista de Direito da Cidade**. V. 8, N. 4, 2016, p. 1362-1380.

HARRISON, C. **What is the concept of making cities smarter? Computerizing or optimizing expanding on infrastructure? In another word we need more smartphones or smarter solutions for development?**, Grupo Smart Cities Connect, LinkedIn, 2014.

IPEA – Instituto de Pesquisa Economica Aplicada; ANTP – Associação Nacional de Transportes Públicos. **Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte público: relatório síntese**. São Paulo: IPEA, 1998.

ITU-T Study Group . **New ITU standards define the Internet of Things and provide the blueprints for its development**. ITU, 2012.

KIANPISHEH, Amin; MUSTAFFA, Norlia; LIMTRAIRUT, Pakapan; KHEIKOSROKIANI, Pantea. Smart Parking System (SPS) Architecture Using Ultrasonic Detector. **International Journal of Software Engineering and Its Applications**. v.6, n.3, Julho, 2012. P. 51-58.

KOMNINOS, N. **Intelligent cities: Variable Geometries of spatial intelligence**. Journal of Intelligence Building International, V. 3, p. 1-17. 2011.

KOSTER, Andrew; KOCH, Fernando; BAZZAN, Ana L. C. **Incentivising Crowdsourced Parking Solutions**. 2014. 8 p. Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Rio Grande do Sul, Porto Alegre; Samsung Research Institute Brazil. 2014.

LEMOIS, ANDRÉ. De Que Forma as Novas Tecnologias – Como a Computação Em Nuvem O Big Data e a Internet das Coisas – Podem Melhorar as Condições de Vida Nos Espaços Urbanos. **Espaços Urbanos**. V. 12, n. 2, 2013, p. 46-49.

LEONE, Leonello. **Bootstrap: o que é, porque usar e como começar com o framework**. Disponível em: <<https://becode.com.br/bootstrap-o-que-e-porque-usar-e-como-comecar/>>. Acesso em 25/08/2019.

MACAYA, Javiera F.; JÚNIOR, José Marcio Martins. Smart Cities: Tecnologias de informação e comunicação e o desenvolvimento de cidades mais sustentáveis e resilientes. **Panorama Setorial da Internet**, v. 9, n. 2, setembro, 2017, p. 1-14.

**Novidades no Visual Studio 2019**. Disponível em: <[docs.microsoft.com/pt-br/visualstudio/ide/whats-new-visual-studio-2019](https://docs.microsoft.com/pt-br/visualstudio/ide/whats-new-visual-studio-2019)>. Acesso em 18/08/2019.

**Os custos do congestionamento na cidade se São Paulo**. São Paulo, SP. Disponível em <<http://www.mobilize.org.br/midias/pesquisas>>. Acesso em: 02/03/2019.

PEREIRA, Rafael; SCHWANEM, TIM. **Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009): Diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo**. 2013. 39p. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Distrito Federal, Brasília, 2013.

PRADO, Marcos G; MAGALHÃES, André Chaves; WOLF, Denis F; JR, Valdir Grassi. **Deteção de Vagas e Estacionamento Autônomo de Veículos**. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics. v.1, n.1, 2013.

PRADO, Karys Cristina; SANTOS, Patrícia Estevão. **Smart Cities: Conceitos, Iniciativas e o Cenário Carioca**. 2014. p. 133. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

RESENDE, Paulo Tarso Vilela; SOUSA, Paulo Renato. **Mobilidade urbana nas grandes cidades brasileiras: Um estudo sobre os impactos do congestionamento**. Fundação Dom Cabral, 2009.

ROSS, S. L.; YINGER, John. **Timing equilibria in an urban model with congestion**. Journal of Urban Economics, v. 47, n. 3, p. 390-413, May 2000. Department of Economics, University of Connecticut, Connecticut.

SAUDATE, Alexandre. **REST, Construa API's Inteligentes de Maneira simples**, Editora Casa do Código, 2014.

**Serial Commnucation**. Disponível em: <<https://learn.sparkfun.com/tutorials/serial-communication/>>. Acesso em 30/08/2019.

SCHAFFERS, H., K, et al. **Smart Cities and the Future Internet: Towards Cooperation Frameworks for Open Innovation**. Future Internet Assembly, 2011.

SHAPIRO, J., M. **Smart Cities: Quality of Life, Productivity, and the Growth Effect of Human Capital**. In: The Review of Economics and Statistics, vol 88, n. 2, p. 324-335. 2006.

SILVA, André Marcos; MUXITO, Ezequiel Manuel. **Agricultura Inteligente – Proposta de Automação de Pivôs e Canais de Irrigação com Prototipação por Arduíno e WebService**. UNASP, Centro Universitário Adventista de São Paulo, São Paulo, 2018.

SILVA, Leandro Jamir. **Internet das Coisas**. UNISUL, Universidade do Sul de Santa Catarina, Santa Catarina, 2017.

SOUZA, Fábio. **Arduíno UNO**. 2013. Disponível em: <<https://www.embarcacos.com.br/arduino-uno>>. Acesso em 20/08/2019.

SRIKANTH, S. S.; PRAMOD, P. J.; DILEEP, K. P.; TAPAS, S.; MAHESH, U.; PATIL, Sarat Chandra Babu N. **Design and Implementation of a Prototype Smart Parking (SPARK) System Using Wireless Sensor Networks**. In: 2009 International Conference on Advanced Information Networking Applications Workshops, 2013.

TORRES, Henrique Mendes. **Uma nova política de estacionamento para o Rio de Janeiro**. 2013. 9p. Companhia de Engenharia de Tráfego do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ. 2013.

VALLE, Caio. **São Paulo está perto de ter 6 milhões de carros. Por que isso é um problema**. Disponível em: <<https://www.nexojornal.com.br/expresso/2017/02/23/S%C3%A3o-Paulo-est%C3%A1-perto-de-ter-6-milh%C3%B5es-de-carros.-Por-que-isso-%C3%A9-um-problema>>. Acesso em: 28/02/2019.

WAHER, PETER. **Learning Internet of Things Paperback**. Packet Publishing Ltd. Birmingham Mumbai, 2015

WEISS, Marcos Cesar; BERNARDES, Roberto Carlos; CONSONI, Flavia Luciane. **Cidades Inteligentes: Casos e Perspectivas Para As Cidades Brasileiras**. Revista Tecnológica da Fatec Americana – Fatec Americana, v.5, n.1, 2017.