

**INTERNET DAS COISAS APLICADA NA GESTÃO DE TRÂNSITO:
UMA PROPOSTA PARA JUIZ DE FORA
INTERNET OF THINGS APPLIED IN TRAFFIC MANAGEMENT: A
PROPOSAL FOR JUIZ DE FORA**

Diego Gonzalez Santos¹

Nádia Marsicano Dunga²

Illa Beghine Soncin³

RESUMO

O presente estudo aborda a aplicação da Internet das Coisas (IoT) na gestão de trânsito de Juiz de Fora, com o objetivo de melhorar a mobilidade urbana. A IoT oferece oportunidades para otimizar o tráfego, melhorar a sinalização de ruas, ajustar semáforos e promover o fluxo eficiente de veículos. Embora traga benefícios como maior fluidez e redução de congestionamentos, é importante considerar desafios como investimentos em infraestrutura e segurança dos dados. No entanto, a aplicação da IoT na gestão de trânsito mostra-se uma solução promissora para impulsionar o desenvolvimento sustentável e elevar a qualidade de vida dos cidadãos.

Palavras-chave: Internet das Coisas. Gestão de trânsito. Juiz de Fora.

ABSTRACT

The present study addresses the application of the Internet of Things (IoT) in traffic management in Juiz de Fora, aiming to improve urban mobility. IoT offers opportunities to optimize traffic, improve street signage, adjust traffic lights, and promote efficient vehicle flow. While it brings benefits such as increased fluidity and reduced congestion, it is important to consider challenges such as infrastructure investment and data security. However, the application of IoT in traffic management proves to be a promising solution to drive sustainable development and enhance the quality of life for citizens.

Keywords: Internet of things. Traffic management. Juiz de Fora.

¹ Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – dgs2801@gmail.com – graduando em Engenharia de Produção.

² Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – nadia.dunga@engenharia.ufjf.br – graduanda em Engenharia de Produção.

³ Rede de Ensino Doctum – Unidade Itamar Franco – prof.illa.soncin@doctum.edu.br – orientadora do trabalho.

1 – Introdução

O êxodo rural (processo de migração de pessoas da zona rural para a urbana) teve início na Europa, de forma lenta, com a mercantilização e as grandes navegações (século XV), se acentuando a partir da Primeira Revolução Industrial (século XVIII). No Brasil, esse processo começou na década de 1930, com a mudança do modelo econômico de agrário-exportador (esse modelo se baseia na venda de produtos do setor primário para o mercado externo) para industrial (esse modelo baseia-se na utilização de máquinas para a produção) e atingiu seu auge entre 1960 e 1980.

Nos países desenvolvidos, a urbanização foi constante e as cidades foram crescendo de forma estratégica, absorvendo os imigrantes de maneira gradativa, buscando aperfeiçoar a infraestrutura de maneira geral e ofertar melhores oportunidades de vida à população vinda do campo.

A vida nos centros urbanos possui diversas vantagens: acesso facilitado aos hospitais, água tratada, rede elétrica com maior qualidade, serviço de controle de resíduos urbanos (rede de esgoto), assim como melhor acesso à educação e mais oportunidades de emprego de forma geral. Porém, o processo descontrolado de migração do campo para a cidade implicou, de maneira geral, em algumas consequências negativas que estão presentes ainda hoje na realidade da população brasileira.

A ausência de planejamento urbano resultou em problemas sócio-econômicos, como por exemplo desigualdade territorial, falta de emprego, moradia precária, violência e desequilíbrio ambiental. Neste contexto, o trabalho desenvolvido irá abordar um dos grandes desafios enfrentados pelos moradores de grandes centros urbanos, que é o planejamento e gestão eficiente da mobilidade urbana.

Segundo CRUZ (2019) a média de tempo que cada brasileiro demanda para se deslocar é de 1 hora e 20 minutos por dia (considerando ida e volta para todas as suas atividades). Na prática, essa média pode variar de acordo com a cidade que o cidadão se encontra. Estima-se que as perdas com o congestionamento no país somem cerca de 267 bilhões de reais por ano, o que equivale a aproximadamente 4% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. Com base nessas informações fica

evidente a importância de uma gestão de trânsito na qualidade de vida de todos os brasileiros.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias, pode-se recorrer a estratégias inovadoras na busca da otimização do tráfego, melhorando trajetos, melhorando a sinalização das ruas, ajustando o sistema de semáforos e a capacidade de fluxo de automóveis.

A Internet das Coisas (IoT) é um dos instrumentos que podem auxiliar nesse processo. Ela surgiu como instrumento da Indústria 4.0 (também chamada de Quarta Revolução Industrial) e é composta por objetos físicos incorporados a sensores, softwares e outras tecnologias com o objetivo de conectar e trocar dados com outros dispositivos por meio da internet. Esses objetos abrangem desde o uso de GPS em coleiras para animais de estimação a sensores ultrassônicos de indústrias sofisticadas.

O presente estudo tem como objetivo relacionar a IoT ao desenvolvimento da gestão de trânsito em Juiz de Fora, de forma financeiramente viável e de fácil aplicação, tomando como base técnicas e metodologias já utilizadas em diversas cidades e centros urbanos em todo o mundo. Além disso, o trabalho também visa apresentar um projeto inicial de implantação de semáforos inteligentes (sistema automatizado que visa um funcionamento adequado às demandas de tráfego das vias.) nas principais vias e cruzamentos do bairro Centro, que pode ser ampliado para os demais bairros da cidade, caso sua eficiência seja comprovada futuramente.

2 - Referencial teórico

2.1 – Mobilidade

O termo “Mobilidade” se origina do latim “*mobilitas*” e, de acordo com o Dicionário Michaelis (2017), está relacionado ao que é móvel e o que pode se mover, transmitindo em seu significado o sentido de deslocamento, atividade essencial que se traduz nas mais diversas necessidades de se transitar pelo espaço. A mobilidade pode ser definida de uma forma geral como a capacidade e a facilidade de se locomover. Como exemplos mais utilizados podem ser citadas a mobilidade social (movimento de indivíduos, famílias ou grupos num sistema social hierárquico) e a mobilidade urbana (que é um dos pilares desse estudo).

2.1.1 – Mobilidade Urbana

Vaccari e Fanini (2016) afirmam que o termo em questão é uma característica atribuída aos cidadãos e agentes econômicos que estão inseridos no meio urbano e procuram satisfazer suas necessidades de deslocamento com a finalidade de cumprir seus afazeres cotidianos, sejam eles relacionados à trabalho e estudo ou à lazer, cultura e saúde. Nesse contexto, podemos abranger as diferentes formas de deslocamento como sendo: o esforço direto (quando o cidadão se move a pé), meios de transporte não motorizados (como bicicletas, patins, carroças e cavalos) ou motorizados (sejam eles veículos coletivos ou individuais). Pela sua relevância no cenário das cidades contemporâneas, principalmente no que se refere ao Brasil, é essencial entender que a mobilidade constitui parte da estrutura de funcionamento de uma sociedade que foi convertida recente e rapidamente em urbana. Estacionamentos, rampas de acessibilidade, ciclovias, sinalização, calçadas, corrimão e outras alternativas que permitem o deslocamento seguro e estável também compõem essa estrutura.

Ainda sobre a mobilidade urbana, Hulse e Chih (2019) afirmam que assegurar a movimentação dos cidadãos com eficiência nos centros urbanos traz benefícios individuais e coletivos tanto do ponto de vista da qualidade de vida, quanto da visão econômica. Mesmo que a melhoria na mobilidade esteja ligada principalmente a mudanças estruturais, a gestão eficaz do sistema de transporte é essencial para garantir uma mobilidade com níveis elevados de qualidade.

2.2 – Indústria 4.0

A expressão foi descrita por Kagermann et al. (2013) como uma realidade em que as redes globais são estabelecidas pelas empresas sob a forma de Sistemas Físico Cibernéticos (CPS – *CyberPhysical Systems*), isto é, que incorporam de forma integrada máquinas, sistemas de armazenamento e instalações de produção. Essas diferentes tecnologias são capazes de trocar informação e cooperar de forma autônoma através da Internet das Coisas (IoT - *Internet of Things*) desencadeando ações e controlando uns aos outros de forma independente da ação humana.

A automação industrial presencia uma nova era com o desenvolvimento da indústria 4.0. A quarta revolução industrial permitirá que sensores, máquinas, processos e pessoas conectem-se como uma comunidade colaborativa. Com o sistema cibernético-físico, cria-se uma plataforma que possibilita a comunicação e interação entre sistemas de diferentes naturezas (SILVA, 2017). Essas novas tecnologias levam ao aumento da qualidade da automação, manutenção preditiva, auto-otimização de melhorias de processo e, acima de tudo, um novo nível de eficiência e responsividade a clientes que antes não era viável.

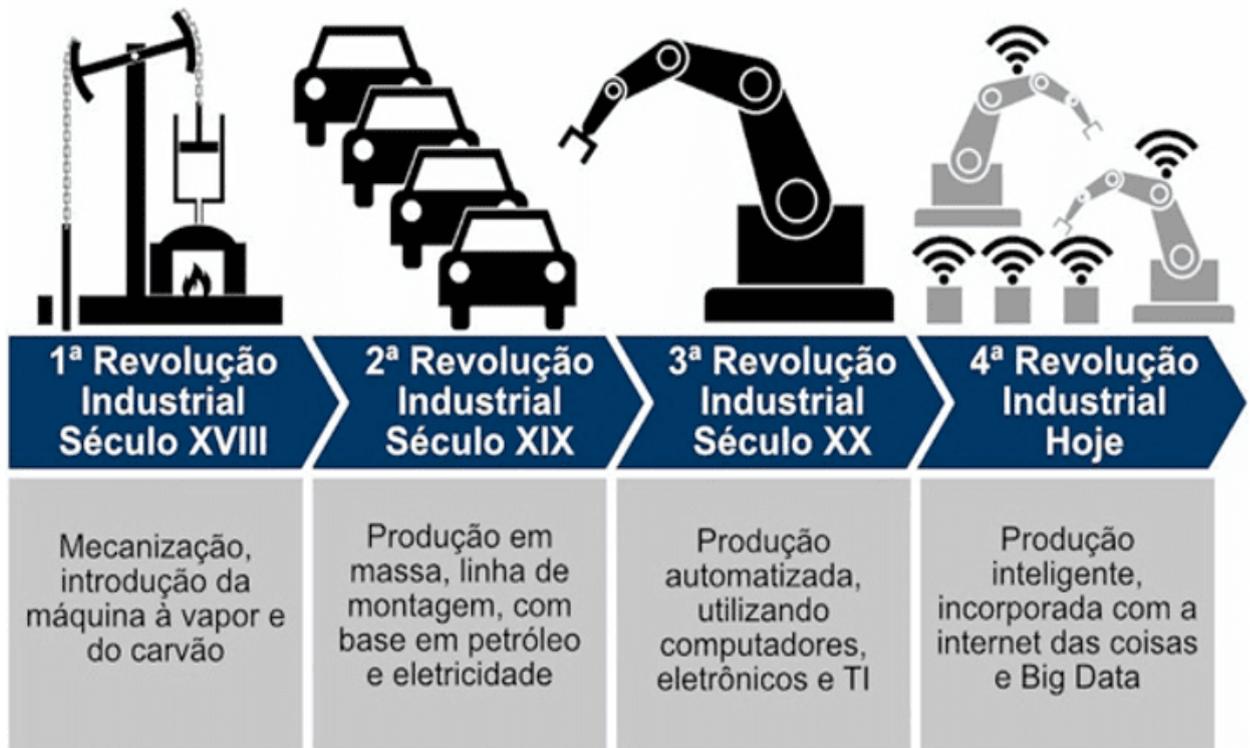
O desenvolvimento de fábricas inteligentes oferece uma oportunidade notável para que o setor de manufatura entre na quarta revolução industrial. O uso de dispositivos IoT de alta tecnologia gera maior produtividade e mais qualidade à produção, a substituição de modelos de negócios de inspeção manual por insights visuais orientados por IA (Inteligência Artificial) reduz erros de fabricação e economiza dinheiro e tempo. Com um investimento pequeno, a equipe de controle de qualidade de uma empresa pode configurar um *smartphone* ou *tablet* conectado à nuvem para monitorar os processos de praticamente qualquer lugar que possibilite o acesso à internet. Ao aplicar algoritmos de aprendizagem de máquina, os fabricantes podem detectar erros imediatamente, em vez de em estágios posteriores, quando o trabalho de reparo é mais caro e traz mais prejuízos à produção.

A análise de *big data* (conjunto de técnicas capazes de analisar grandes quantidades de dados para gerar resultados) coletada em sensores no chão de fábrica garante visualização em tempo real dos ativos de manufatura (todos os bens materiais que tem valor por si mesmo ou que produzem valor para a empresa) e fornece ferramentas para realizar manutenção preditiva a fim de minimizar o tempo de inatividade dos equipamentos (SCHUME, 2020). Os conceitos e as tecnologias da Indústria 4.0 podem ser aplicados em todos os tipos de indústrias em escala global.

A Figura 1 mostra a linha do tempo das revoluções industriais e suas respectivas características principais: desde a primeira (no século 18) até a quarta (que acontece atualmente). O fenômeno tem início com a melhoria do maquinário e utilização do carvão, em seguida, a revolução é marcada pela mudança no processo produtivo e utilização do petróleo, seguido por um período de automatização dos processos produtivos e, culminando nos dias atuais, no

desenvolvimento de processos de produção inteligentes e na utilização de sistemas integrados.

Figura 01 – Evolução da Indústria.



Fonte: C2TI (2019)

2.3 – Internet das Coisas (Internet of Things - IoT)

O termo se refere à uma rede de objetos físicos interconectados, integrados por meio de softwares e sensores que trocam dados entre si, o que permite o monitoramento e controle dos dispositivos (“coisas”) à distância. A IoT está se tornando cada vez mais presente na vida das pessoas, até mesmo na vida de quem não é muito antenado nos assuntos tecnológicos. Exemplos de sua aplicação que são comuns: drones, geladeiras inteligentes, smart TVs (televisores inteligentes) e smartwatches (relógios inteligentes).

Em suma, a Internet das coisas é a possibilidade de comunicação e interação entre todos os objetos que existem, viabilizando o envio e recebimento de dados e informações com o objetivo de tornar a vida das pessoas mais prática. Para

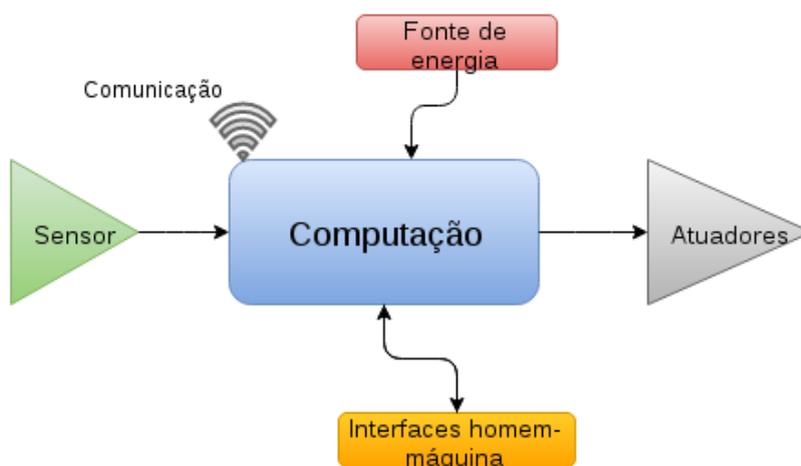
implementação da IoT, são necessários objetos e aparelhos conectados a grandes bases de dados e à Internet, o que demanda um sistema eficiente de identificação e avanços no que diz respeito ao nível da miniaturização e da nanotecnologia (SILVA; ROCHA, 2013).

Segundo Hulse; Chih (2019) a Internet das Coisas é uma das tecnologias que mais tem revolucionado os sistemas inteligentes e de transportes e pode ser definida como sendo uma infraestrutura global que permite a execução de tarefas avançadas por meio da interconexão entre coisas (físicas e virtuais), com base nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC).

Os sistemas IoT devem possuir três características básicas: capacidade de transmissão de dados digitais (geralmente capturados por sensores remotos); conexão com uma rede externa ao objeto a ser controlado (sistema descentralizado) e a capacidade de processar dados de forma automática, sem intervenção humana.

A Figura 2 ilustra o diagrama em que as partes e as características de uma “coisa” (thing) que integra uma rede IoT são apresentadas. Cada coisa sempre se encontra em um determinado ambiente e terá um processador, um transceptor de comunicação e uma fonte de energia.

Figura 2 - A Estrutura da Internet das Coisas



Fonte: Lohmann (2019).

Desse modo, os elementos que formam um dispositivo IoT, de acordo com LOHMANN 2019, são:

- Computação: capacidade de processamento e de memória, proporcionando o poder de implementar lógicas (sejam elas simples ou complexas).
- Sensores: dispositivos que têm a função de detectar e responder algum estímulo (físico ou químico) coletando e processando essas informações do mundo real. Esses dados recebidos são utilizados para analisar as condições em que se encontra o ambiente em questão a cada instante.
- Comunicação: ter um meio, preferencialmente sem fios, que deve ser escolhido com base nas necessidades de aplicação (consumo de energia e taxa de transferência de dados).
- Atuadores: dispositivos responsáveis por produzir movimento e permitir que o sistema aja sobre o ambiente. Aplicações IoT podem precisar interferir em algum aspecto do meio que estão inseridas: quando o usuário não é capaz de controlar, não tem conhecimento de situações específicas que necessitem de acionamento ou quando o mesmo não está presente no ambiente.
- Interfaces homem-máquina: podem ser meios de interação de entrada (como chaves) ou saída (leds e display), trazendo informações ao usuário.
- Fonte de energia: normalmente uma bateria.

De acordo com OLIVEIRA et al. (2021) a tecnologia IoT é muito versátil, o que permite muitas combinações de equipamentos para os mais diversos campos de estudo e de aplicação e que gera uma grande quantidade de dados (big data). Em se tratando da integração destes dispositivos, com as smart cities (cidades inteligentes), é possível obter informação através de business intelligence (BI, combina análise empresarial com mineração de dados), business analytics (BA, análise de dados para previsões estatísticas) e, com os dados gerados por este tipo de tecnologia, criar novas políticas para cidade e para a comunidade com maior conhecimento das necessidades e demandas da mesma.

2.4 – Cidades Inteligentes (CI)

Segundo FERREIRA (2016) uma cidade inteligente ou *Smart City* é definida como um ambiente urbano que faz uso de diversas tecnologias de informação e comunicação para otimizar sua eficiência operacional, aprimorar a comunicação com os cidadãos, facilitar o acesso e a utilização dos serviços disponíveis e procura elaborar, de maneira constante e interativa, soluções para as necessidades de seus habitantes, a fim de prover serviços públicos de maior qualidade para os mesmo.

Ao analisar diferentes fontes sobre o assunto, pode-se perceber que a definição e as características de uma *Smart City*, apesar de tender aos mesmos pontos principais. São listados a seguir, alguns exemplos de conceitos e definições acerca do termo Cidades Inteligentes, que podem ser observadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Conceito de cidade inteligente.

AUTOR	CONCEITO
AHVENNIEMI <i>et al.</i> (2017)	As cidades vêm se esforçando no sentido de tornarem-se mais inteligentes. Porém, é importante considerar que os objetivos de cidades inteligentes e cidades sustentáveis estão estreitamente interligados.
Cunha <i>et al.</i> (2016)	Uma cidade inteligente é aquela que supera os desafios do passado e conquista o futuro, utilizando a tecnologia como meio para prestar de forma mais eficiente os serviços urbanos e melhorar a qualidade de vida dos cidadãos.
Marsal-Llacuna, Colomer-Llinàs e Meléndez-Frigola (2015)	Melhorar o desempenho urbano usando dados, informações e TICs, para fornecer serviços mais eficientes aos cidadãos, monitorar e otimizar a infraestrutura existente, incrementar a colaboração entre diferentes atores econômicos e encorajar modelos de negócios inovadores tanto no setor privado quanto no setor público.
Papa, Gargiulo e Galderisi (2013)	A essência das futuras cidades inteligentes é baseada na ideia da coordenação e integração de tecnologias que foram desenvolvidas separadamente, mas que possuem claras sinergias em sua operação e precisam ser casadas com uma abordagem <i>bottom-up</i> .
Lazaroiu e Roscia (2012)	Uma nova forma de viver e considerar a cidade, apoiada em TICs que podem ser integradas em uma solução para gestão da energia, água, segurança pública, mobilidade e gestão de resíduos.
Eger (2009)	Toma decisões de forma consciente para implementar tecnologias de forma agressiva para resolver seus problemas sociais e necessidades de negócios, fazendo uso dessas tecnologias também como oportunidade para reconstruir e renovar o sentimento de lugar e de orgulho cívico, promover o desenvolvimento e o crescimento econômico, emprego e melhoria da qualidade de vida.

Fonte: ARAÚJO *et al.*, 2020.

A maioria dos autores relaciona *Smart Cities* à eficiência e desenvolvimento, usando a tecnologia como meio para atingi-los. Dois autores citam ainda as TICs (Tecnologias da Informação e Comunicação) que consistem no conjunto de tecnologias que permitem a produção, o acesso e a propagação de informações, assim como tecnologias que permitem a comunicação entre pessoas (RODRIGUES, 2016). Há também a citação da abordagem *bottom-up* (na tradução literal significa de baixo para cima) que é utilizada na organização e gestão empresarial, para analisar a estrutura empresarial, processos, produção e subsistemas.

2.4.1 – Carta Brasileira para Cidades Inteligentes

A Carta Brasileira para Cidades Inteligentes (divulgada em dezembro de 2020) é uma iniciativa na qual é possível encontrar o conceito de cidades inteligentes do ponto de vista do cenário e das perspectivas do Brasil. Ela conta ainda com uma agenda para a transformação digital das cidades brasileiras de acordo com o desenvolvimento urbano sustentável, segundo o MEC.

O documento foi escrito por dois ministérios em parceria com o Projeto ANDUS (cooperação técnica Brasil-Alemanha) e com outras instituições públicas e privadas, além de inúmeros profissionais com experiência e conhecimento principalmente nas áreas de investimentos urbanos, políticas públicas de desenvolvimento territorial, tecnológico e ambiental.

De acordo com a carta:

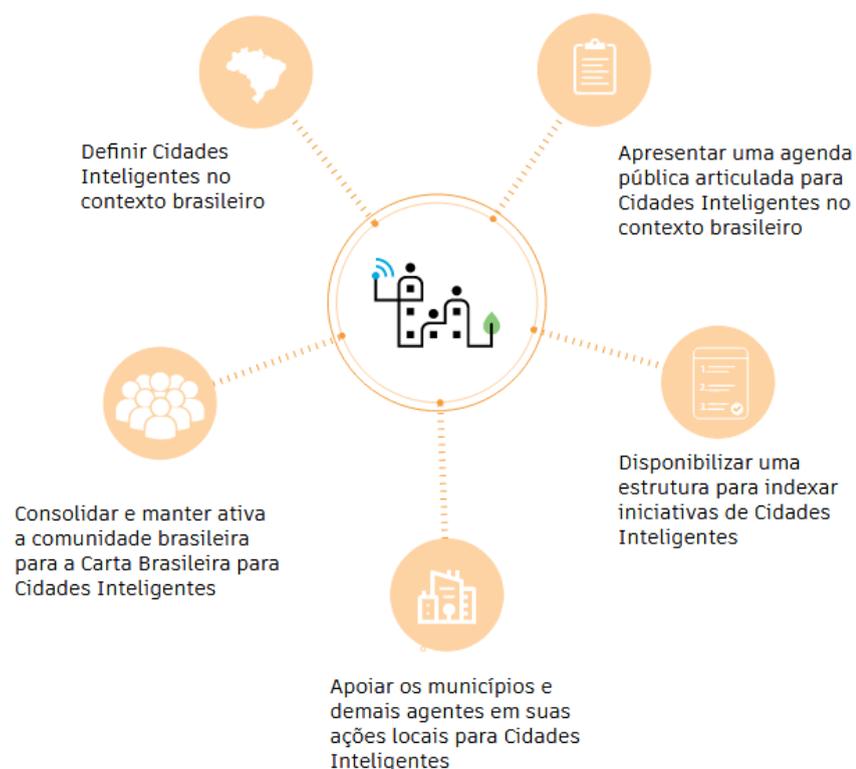
“No Brasil, cidades inteligentes são são cidades comprometidas com o desenvolvimento urbano e a transformação digital sustentáveis, em seus aspectos econômico, ambiental e sociocultural que atuam de forma planejada, inovadora, inclusiva e em rede, promovem o letramento digital, a governança e a gestão colaborativas e utilizam tecnologias para solucionar problemas concretos, criar oportunidades, oferecer serviços com eficiência, reduzir desigualdades, aumentar a resiliência e melhorar a qualidade de vida de todas as pessoas, garantindo o uso seguro e responsável de dados e das tecnologias da informação e comunicação.”

(GOV, 2023)

A carta cita ainda oito objetivos estratégicos acerca do tema, dentre os quais se destacam: prover acesso equitativo à internet de qualidade, fomentar um movimento massivo e inovador de educação, avaliar os impactos da transformação digital nas cidades e integrar a transformação digital nas políticas brasileiras.

A Figura 4 foi retirada do próprio documento e explica os motivos que levaram à elaboração do mesmo. Como intenção principal em coerência com o objetivo do estudo pode-se salientar a importância do apoio aos municípios em suas ações locais para Cidades Inteligentes.

Figura 4 - Finalidades da Carta Brasileira para Cidades Inteligentes



Fonte: Carta Brasileira para Cidades Inteligentes, 2020.

2.5 – Informações sobre a Cidade de Juiz de Fora

Foram analisados dados acerca da frota de veículos da cidade e concluiu-se que a mesma apresentou um crescimento contínuo entre 2003 e 2017. Tal crescimento apresentou oscilações ao longo dos anos, tendo seu ritmo acelerado a

partir dos anos 2006, mas sofrendo uma retração na taxa de aumento a partir de 2012..

Tabela 2 - Frota de veículos de Juiz de Fora (2003-2017)

ANO	TOTAL			AUTOMÓVEL			CAM		ÔNIBUS			MT / MOTONETA			Outros
	Total	cresc./ano		Total	cresc./ano		Total	Total	cresc./ano		Total	cresc./ano		Total	
		abs.	± (%)		abs.	± (%)			abs.	± (%)		abs.	± (%)		
2003	113.908			85.211			3.766	1.129			9.739			14.063	
2004	118.425	4.517	3,81	88.254	3.043	3,45	3.807	1.141	12	1,05	10.462	723	6,91	14.761	
2005	123.710	5.285	4,27	91.463	3.209	3,51	3.900	1.142	1	0,09	11.637	1.175	10,1	15.568	
2006	132.001	8.291	6,28	95.998	4.535	4,72	4.065	1.171	29	2,48	14.465	2.828	19,5	16.302	
2007	142.211	10.210	7,18	101.573	5.575	5,49	4.287	1.199	28	2,34	17.642	3.177	18,0	17.510	
2008	153.087	10.876	7,10	107.862	6.289	5,83	4.493	1.257	58	4,61	20.518	2.876	14,0	18.957	
2009	165.204	12.117	7,33	115.828	7.966	6,88	4.671	1.329	72	5,42	22.790	2.272	9,97	20.586	
2010	178.576	13.372	7,49	124.054	8.226	6,63	4.968	1.437	108	7,52	25.304	2.514	9,94	22.813	
2011	193.333	14.757	7,63	132.892	8.838	6,65	5.411	1.498	61	4,07	28.190	2.886	10,3	25.342	
2012	207.943	14.610	7,03	142.515	9.623	6,75	5.717	1.580	82	5,19	30.212	2.022	6,69	27.919	
2013	220.912	12.969	5,87	150.951	8.436	5,59	6.140	1.631	51	3,13	31.950	1.738	5,44	30.240	
2014	232.374	11.462	4,93	158.131	7.180	4,54	6.271	1.680	49	2,92	33.808	1.858	5,50	32.484	
2015	242.273	9.899	4,09	163.820	5.689	3,47	6.309	1.688	8	0,47	35.741	1.933	5,41	34.715	
2016	251.694	9.421	3,74	168.653	4.833	2,87	6.388	1.844	156	8,46	37.254	1.513	4,06	37.555	
2017	260.714	9.020	3,46	173.604	4.951	2,85	6.334	1.831	-13	-0,71	38.667	1.413	3,65	40.278	

Fonte : SILVEIRA, 2018

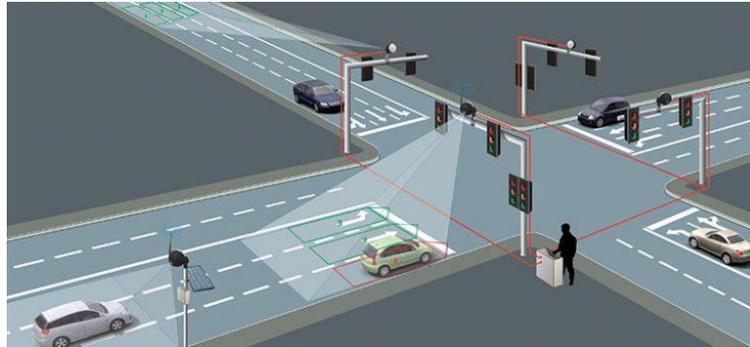
2.6 – Tipos de tecnologia de contabilização de carro

Laço indutivo é um fio disposto em forma retangular, quadrada, ou redonda que fica no interior do pavimento. As extremidades do fio são conectadas a um módulo detector que contabiliza os carros.



Fonte: Imex

O detector infravermelhos ativo irradia um feixe de luz infravermelha e também tem a função de receptor, desse mesmo tipo de luz. Em um sensor de alarme, por exemplo, quando acontece uma movimentação no ambiente, ocorre uma variação da luz infravermelha, permitindo que o sensor acione o alarme.



Fonte: revista segurança eletrônica

Câmeras é um instrumento óptico para captação de imagens na forma de fotografias individuais, que são armazenadas localmente, transmitidas para outro local, ou ambos.



Fonte:Pumatronix

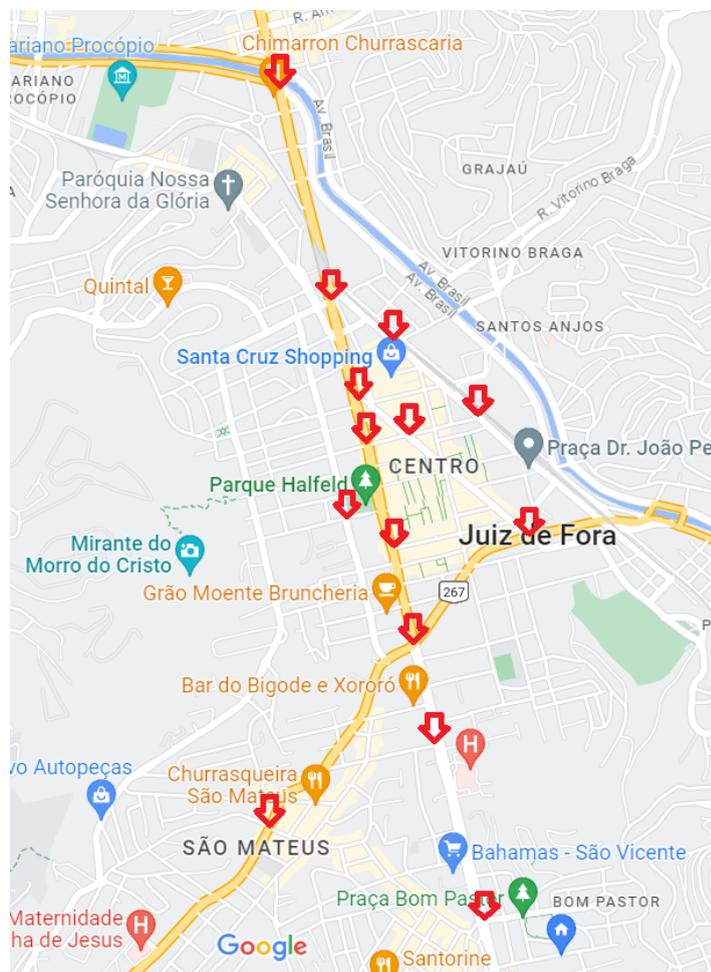
3 – Metodologia

Para a concepção do trabalho - que começou a ser desenvolvido em agosto de 2022 e teve sua conclusão em junho de 2023 - foi utilizado o método de pesquisa exploratória com a finalidade de propor uma solução para a cidade de Juiz de Fora através de um estudo profundo da parte de sensores e da tecnologia IoT, partindo de uma revisão bibliográfica composta pelos principais protagonistas do mundo nessa área. A finalidade da aplicação de tal metodologia consiste em propor um método de implementação do sistema de lot na cidade com custo acessível e, para isso, a pesquisa será baseada em estudos de especialistas, como por exemplo Chiregatti (2022), Cruz (2019), Ferreira (2016), entre outros que elaboraram trabalhos notáveis sobre este tema. Entretanto, é importante salientar que o corpo de especialistas

tende a aumentar de acordo com o desenvolvimento do estudo e o aprofundamento da pesquisa bibliográfica.

Como área principal para aplicação da pesquisa em campo, foram escolhidas as ruas do centro da cidade com o maior fluxo de tráfego urbano: Av. Barão do Rio Branco, Av. Itamar Franco, Rua Santo Antônio, Av. Getúlio Vargas e suas respectivas adjacências. A figura 3 mostram mapa da região em que a pesquisa de campo foi desenvolvida

Figura 3 - Mapa da Região Central de Juiz de Fora com a disposição dos cruzamentos abordados.



Fonte: Google Maps.

Tais localidades foram escolhidas por serem as vias “arteriais” da cidade de Juiz de Fora, e porque as mesmas ditam a fluidez de grande parte do trânsito da cidade como um todo. Partindo dos conceitos apresentados pelos especialistas da área de IoT e da Gestão de trânsito, o trabalho analisará as melhores formas de

implementação dessas tecnologias em Juiz de Fora em sua região central, com possibilidade de expansão para outras áreas em seu entorno. Para isso, será necessária uma pesquisa bibliográfica e, ocasionalmente, acesso às reportagens de grandes meios midiáticos locais.

O estudo terá caráter qualitativo, com ênfase na observação e na realização de um estudo bibliográfico, ao passo que será realizado o cruzamento dos dados levantados em campo com os dados extraídos da literatura para embasamento da pesquisa.

4 -Resultados

4.1 - Tipos de software e sensores

4.1.1 - Tipos de dispositivos disponíveis

Atualmente, as tecnologias sem fio mais utilizadas para criar uma rede de conexão entre dispositivos são o Wi-fi, o bluetooth e a tecnologia NFC (Near Field Communication - comunicação por campo de proximidade). Entretanto, a evolução dos sistemas de comunicação entre aparelhos e dispositivos passou por algumas etapas desde seu surgimento.

A primeira tecnologia associada à Internet das Coisas foi a RFID (Radio Frequency Identification – Identificação por Radiofrequência), que surgiu em 1940. É um equipamento que envia, por radiofrequência, uma identificação única. Atualmente esta tecnologia é utilizada em crachás e produtos em supermercados, substituindo o código de barras. Em seguida, surgiram as tecnologias RSSF (Redes de Sensores sem Fio, ou Wireless Sensor Network [WST]) que são redes compostas de dezenas, centenas ou milhares de nós microprocessados, com capacidade de comunicação sem fio.

Paralelamente, as tecnologias de comunicação e redes de computadores se desenvolveram e se popularizaram, começando com a Internet, usando protocolos da família TCP/IP(protocolo de controle de transmissão/protocolo de internet). A seguir, surgiram as primeiras redes Wi-fi, que possibilitaram uma mobilidade que dispensa fios para interligação de dispositivos próximos.

As redes de telefonia celular 2G/3G/4G foram fundamentais para a comunicação de dados em diversos equipamentos móveis ou, aqueles em que o acesso a fios de comunicação eram inviáveis. Essa comunicação de dados se tornou acessível a diversos tipos de equipamentos e recursos reduzindo seu custo e o tempo de integração necessário.

Ao implementar semáforos inteligentes, existem duas opções para adquiri-los: a primeira seria comprar o semáforo e o software já prontos de uma empresa especializada (foi realizada a cotação com a Pumatronix e a Alma Tecnologia) a segunda opção consiste em desenvolver esses sistemas por conta própria (tanto a tecnologia do semáforo quanto a lógica de funcionamento e armazenamento de dados).

Os semáforos inteligentes são uma evolução dos semáforos tradicionais, incorporando tecnologias avançadas para melhorar a eficiência e a segurança do tráfego nas vias. Algumas das tecnologias comumente utilizadas em semáforos inteligentes são:

- Sensores de tráfego: Os semáforos inteligentes podem ser equipados com sensores de tráfego, como câmeras, laços indutivos ou sensores de radar, para monitorar o fluxo de veículos e pedestres em tempo real. Esses sensores coletam dados sobre o fluxo de tráfego em cada direção, permitindo que o semáforo ajuste os tempos de sinalização de acordo com a demanda.
- Comunicação veicular: Os semáforos inteligentes podem se comunicar com veículos equipados com tecnologia V2X (Vehicle-to-Everything - utilizada em "carros conectados"), permitindo uma interação mais eficiente entre os veículos e os semáforos. Isso possibilita a transmissão de informações sobre o tempo restante para a mudança de sinal, alertas de tráfego e outras informações relevantes para os motoristas, o que pode melhorar a segurança e reduzir o congestionamento.
- Sistemas adaptativos: Os semáforos inteligentes podem empregar algoritmos de controle adaptativo, que analisam constantemente as condições de tráfego (em tempo real) e ajustam automaticamente os tempos de sinalização para otimizar o fluxo de veículos. Esses sistemas adaptativos podem ser baseados em modelos matemáticos

ou usar aprendizado de máquina para melhorar suas decisões ao longo do tempo.

- **Priorização de transporte público e emergência:** Os semáforos inteligentes podem dar prioridade aos veículos de transporte público, permitindo que eles tenham tempos de sinalização mais favoráveis para reduzir os atrasos. Além disso, em situações de emergência (como ambulâncias e caminhões de bombeiros), os semáforos podem ser programados para dar prioridade aos veículos de socorro, permitindo que cheguem mais rapidamente aos locais necessários. Não são todos que contam com essa função, mas é uma tarefa que pode ser adicionada.
- **Integração com sistemas de gerenciamento de tráfego:** Os semáforos inteligentes podem ser integrados a sistemas de gerenciamento de tráfego mais amplos, permitindo a coordenação entre semáforos em uma área específica. Isso pode facilitar a implementação de estratégias de controle de tráfego, como ondas verdes, que otimizam a passagem de veículos em uma série de semáforos, reduzindo o número de paradas e o congestionamento.

O avanço contínuo da tecnologia pode trazer novas inovações e recursos para melhorar ainda mais a eficiência e a segurança do tráfego urbano.

4.1.2 - Softwares e dispositivos de mais fácil implementação na atualidade

Como visto, existem diversas soluções com uma ampla diferença de preços e prazos para implantação variados, além de diversos custos de manutenção e outras características. O que é melhor para a cidade a longo prazo é passível de diversas interpretações, mas, tendo como ponto de vista que as cidades são geridas por políticos e os governos duram quatro anos, é preciso que seja a estratégia adotada seja de implementação rápida e também que seja atemporal e de fácil utilização, então o melhor a se fazer nesse caso consiste em comprar de empresas que já produziram e implementam esse sistema em diversos lugares pelo país.

Uma excelente escolha é optar por empresas que tenham o sistema já todo desenvolvido assim como a Pumatronix, pois todas as evoluções do sistema são

atualizadas pela internet e é possível uma troca de informações com outros locais que utilizam da mesma solução. Ter a solução já pronta com atualizações diretas sem ter que coordenar uma equipe de desenvolvimento torna a implementação muito mais rápida e prática para a cidade de Juiz de Fora

4.1.3 - Softwares e tecnologias que oferecem maior qualidade na atualidade

Existem várias tecnologias utilizadas em sistemas de semáforos inteligentes. Algumas das principais tecnologias que são amplamente empregadas são listadas a seguir:

- **Detecção por laço indutivo:** Uma das tecnologias mais comuns para a detecção de veículos em semáforos inteligentes consiste em fios metálicos enterrados no pavimento da via, formando laços. Quando um veículo passa sobre esses laços, eles detectam a mudança na indutância e enviam um sinal para o controlador do semáforo.
- **Detecção por câmeras de vídeo:** Câmeras de vídeo são usadas para monitorar o tráfego e detectar veículos e pedestres. Algoritmos de visão computacional podem analisar as imagens capturadas pelas câmeras para identificar objetos em movimento e fornecer dados para a otimização do tempo de sinalização.
- **Sensores infravermelhos:** Esses sensores emitem um feixe de luz infravermelha e detectam quando o feixe é interrompido pela presença de um veículo ou pedestre. Essa tecnologia é comumente usada em faixas de pedestres para detectar a presença de pessoas esperando para atravessar a rua.
- **Comunicação Veículo-Infraestrutura (V2I):** Essa tecnologia permite a comunicação entre os semáforos e os veículos. Ela pode ser baseada em redes celulares, redes dedicadas de curto alcance ou tecnologias sem fio como o Dedicated Short-Range Communications (DSRC) ou o Cellular Vehicle-to-Everything (C-V2X). A V2I possibilita a troca de informações sobre o tempo restante do sinal, velocidade recomendada e alertas especiais.

- Sincronização Adaptativa: Os semáforos inteligentes podem ser sincronizados para se ajustarem automaticamente com base no fluxo de tráfego em tempo real. Algoritmos adaptativos analisam os padrões de tráfego e otimizam os tempos de sinalização para reduzir o congestionamento e melhorar a eficiência do tráfego.
- Análise de dados e aprendizado de máquina: A coleta e análise de dados de tráfego, combinadas com algoritmos de aprendizado de máquina, permitem a otimização contínua dos tempos de sinalização. Essas tecnologias podem identificar padrões de tráfego, prever demandas futuras e ajustar os tempos de acordo.

Essas são apenas algumas das tecnologias usadas em semáforos inteligentes. É importante considerar as necessidades de cada projeto e consultar fornecedores especializados (como realizamos) para determinar quais tecnologias são as mais adequadas para cada tipo de implementação de semáforos inteligentes. Todas essas podem ser utilizadas tanto nos projetos desenvolvidos sob medida, quanto para projetos de consultorias em Smart Cities.

É valioso colocar em pauta a questão dos dados que serão gerados, pois essa é uma das características mais valiosas no mundo digital. Considerando que desta forma é possível captar as estatísticas de toda a cidade, é essencial que o próprio município seja o detentor das informações, ao invés destas serem controladas por uma empresa contratada. Então, entre a escolha de desenvolvimento próprio ou adquirir um sistema já elaborado por uma empresa terceirizada, é nítido que apesar do tempo de desenvolvimento e do investimento serem consideravelmente maiores, o mais benéfico (no sentido das informações adquiridas) é que o banco de dados seja de propriedade apenas da cidade, fazendo com que a estratégia mais interessante, à longo prazo, seja um sistema desenvolvido pelo próprio município.

4.2 - Tempo de implementação

4.2.1 - Quais serão as etapas do projetos

O processo de implementação do sistema de gestão de tráfego varia de acordo com a forma como for implementado: sistema adquirido completo ou desenvolvimento próprio.

Caso opte-se pelo sistema já implementado por uma empresa parceira , a Pumatronix, por exemplo, levaria no máximo um mês para implementação dos semáforos nos quinze cruzamentos, visto que gasta-se o máximo de 4 horas para a realização do processo em cada semáforo e mais 2 semana para integração dos sensores com a nuvem e a interface.

Já para a construção de um modelo específico desenvolvido pela própria cidade, o tempo é um pouco maior, a Alma Tecnologia (empresa de consultoria) pede uma visita técnica para verificar todas as localidades em que o sistema será implementado, gastando pelo menos uma semana para a realização desse procedimento. Para a construção da interface é preciso um mês, já para integração são necessárias mais duas semanas, além de outras duas semanas para escolha dos componentes que serão utilizados como sensores e para a confecção de uma manual de como deverá ser realizada a instalação. Caso o modelo seja parecido com o pronto, levaria mais um mês para concluir a instalação nos semáforos. Totalizando três meses até a coleta dos dados ter um volume bacana para conseguir colocar ordens efetivas no sistema.

Com a prefeitura contratando é possível que o prazo seja mais demorado, pois é preciso contratar desenvolvedores, o que pode ser meio demorado visto a burocracia. Mesmo que os profissionais sejam experientes, o tempo demandado será próximo ao tempo gasto com a consultoria, visto que será necessário começar o projeto do “zero”. Um ponto importante é que para comprar qualquer coisa através da prefeitura é necessário um tempo maior, sendo que o processo pode levar meses ou até mesmo anos.

4.2.2 - Melhores momentos para instalação

Os melhores momentos para implementação são na madrugada (23 - 06 horas) ou aos domingo, pois o fluxo de veículos é consideravelmente menor. A

escolha desses horários é necessária, uma vez que, a instalação dos sensores e mecanismos demanda uma interrupção do trânsito e, além disso na hora de sincronismo do software o trânsito precisa ser temporariamente parado.

4.2.3 - Tempo total de implementação

O tempo total de implementação da tecnologia nos 15 pontos em Juiz de Fora que conta com 51 semáforos pode ser reduzido ou pode ser elevado, a depender do que a cidade consegue investir e se este investimento será uma prioridade.

A Pumatronix, por exemplo, já vende o sistema de monitoramento completo com câmera controladora e quadro de comando, juntamente com o sistema na nuvem e de interface. Com isso ela se torna a solução mais rápida, necessitando somente 4 horas para cada semáforo e 1 semana para interligação do sistema na nuvem.

Já a Alma Tecnologia não conta com a parte de instalação nos semáforos, mas leva em média 2 semanas para a construção da interface do sistema para uma melhor gestão do trânsito, e 1 mês para a conexão de todo sistema físico com o da internet.

Caso a cidade opte por construir o próprio sistema contratando profissionais especializados o prazo pode ser ainda mais demorado, pois não é possível mensurar com precisão o tempo gasto para a realização de todo o processo, mas em média seria necessário 6 meses a 1 ano a depender de quantas pessoas fossem contratadas, sendo necessário pelo menos 2 desenvolvedores.

4.3 - Viabilidade financeira

O custo médio mundial de um semáforo inteligente pode variar consideravelmente, dependendo das características e especificações do sistema, Estes dispositivos normalmente são vendidos por conjunto, que inclui o próprio semáforo e os componentes de detecção e controle. O preço médio de um conjunto básico de semáforo inteligente pode variar de aproximadamente US \$5.000 (cinco mil dólares) a US \$10.000 (dez mil dólares) - é importante ressaltar que esse valor é

apenas uma estimativa geral e os preços reais podem variar de acordo com vários fatores, como:

- Funcionalidades adicionais: Se são desejados recursos avançados, como sistemas de detecção de veículos e pedestres, sincronização adaptativa, o preço será maior devido aos custos adicionais desses componentes.
- Escala do projeto: Projetos maiores, que envolvem a instalação de múltiplos semáforos inteligentes em uma área extensa, podem ter custos mais elevados, devido à necessidade de equipamentos adicionais, infraestrutura de comunicação e integração do sistema.
- Personalização: Se fossem necessárias personalizações específicas ou integração com sistemas existentes, os custos podem aumentar devido ao trabalho de desenvolvimento adicional necessário (assim como o tempo de implementação que seria maior).
- Manutenção e suporte: Além do custo inicial, é importante considerar os custos contínuos de manutenção e suporte técnico para garantir o funcionamento adequado dos semáforos inteligentes ao longo do tempo.

Como referência no Brasil, podemos utilizar a instalação realizada em Campinas que, de acordo com a Prefeitura Municipal da cidade, investiu cerca de R\$96.000,00 (noventa e seis mil reais) em cada cruzamento (que contou com 3 câmeras). Já de acordo com a Prefeitura Municipal de Aracaju, a cidade conta com 150 cruzamentos semaforicos inteligentes e foi investido um total de R\$ 15 milhões, resultando num investimento de aproximadamente 100 mil reais para cada cruzamento. Um detalhe interessante é que nesse caso eles embutiram uma bateria que tem duração de até 4 horas sem alimentação, então a sinalização continua funcionando por um tempo mesmo com o interrompimento no fornecimento de energia.

Seguindo o valor médio dessas duas referências brasileiras, a cidade de Juiz de Fora gastaria, nesse projeto piloto de 15 cruzamentos (e 51 semáforos) em torno de R \$1.470.000,00.

4.3.2 - Verba destinada nos âmbitos federal, estadual e municipal

No âmbito federal, o governo destina recursos para investimentos em mobilidade urbana por meio de programas e projetos específicos, como o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) Mobilidade Urbana e o Programa Avançar. Além disso, parte dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento Urbano (FNDU) pode ser direcionada para projetos de mobilidade.

Já nos municípios, a verba para mobilidade urbana é geralmente direcionada para a melhoria do transporte público, implantação de ciclovias, requalificação de vias, construção de pontes e viadutos, sinalização de trânsito, entre outros projetos relacionados à mobilidade urbana. Para um projeto tão específico e que demanda um investimento inicial relativamente alto, em Juiz de Fora, o mesmo teria que ser inserido em algum projeto já existente ou levado à algum deputado para que fosse solicitada uma emenda, utilizando inclusive a Carta Brasileira para Cidades Inteligentes como base.

4.3.3 - Custo benefício

É importante ressaltar que um ponto muito valorizado nos dias atuais são os “dados”, então é crucial que analisemos o fato de que a Pumatronix por ser detentora de toda a parte de infraestrutura, captura e filtragem dos dados, será assim a detentora do “ouro digital” os famosos dados (são informações representadas como uma cadeia de símbolos discretos, cada um dos quais pode assumir um de apenas um número finito de valores de algum alfabeto, como letras ou dígitos).

4.4 - Comparativo com e sem a tecnologia

Uma cidade com uma eficiente gestão de trânsito, impulsionada pela tecnologia IoT (Internet das Coisas), apresenta uma série de diferenças significativas em comparação a uma cidade sem essa abordagem inovadora. A implementação do IoT na gestão de trânsito traz benefícios abrangentes que afetam diretamente a qualidade de vida dos cidadãos, a eficiência do sistema viário e a sustentabilidade urbana como um todo.

Em uma cidade com gestão de trânsito baseada no IoT, é possível observar uma notável melhoria na fluidez do tráfego. Através da coleta de dados em tempo

real de sensores estrategicamente distribuídos, é possível monitorar o fluxo de veículos, identificar áreas congestionadas e implementar ajustes dinâmicos no sistema, como alteração de semáforos e rotas alternativas. Isso resulta em redução de congestionamentos, tempos de deslocamento mais curtos e uma experiência de condução mais agradável para os motoristas.

Outro diferencial é a maior segurança proporcionada pela gestão de trânsito com IoT. Com a utilização de câmeras de monitoramento, sensores de proximidade e sistemas de comunicação avançados, é possível detectar incidentes de trânsito em tempo real, como colisões ou pedestres em situações de risco. As autoridades de trânsito podem ser alertadas imediatamente e enviar equipes de emergência para lidar com a situação de forma rápida e eficaz, minimizando o impacto e garantindo a segurança de todos os envolvidos.

Além disso, a gestão de trânsito com IoT contribui para a sustentabilidade urbana. A otimização do fluxo de tráfego reduz o consumo de combustível e as emissões de gases poluentes, resultando em um ambiente mais limpo e saudável. Além disso, a implementação de infraestruturas inteligentes, como postes de iluminação com sensores de luminosidade, permite um uso mais eficiente da energia elétrica, contribuindo para a redução do consumo e dos custos associados.

Por outro lado, em uma cidade sem uma gestão de trânsito baseada em IoT, os desafios são evidentes. O tráfego tende a ser caótico, com congestionamentos frequentes, atrasos significativos e uma maior incidência de acidentes de trânsito. A falta de monitoramento em tempo real e a ausência de sistemas inteligentes de controle de tráfego resultam em uma experiência de condução frustrante, ineficiente e potencialmente perigosa para os cidadãos.

Em suma, a diferença entre uma cidade com e sem gestão de trânsito baseada em IoT é marcante. Enquanto uma cidade com essa abordagem se beneficia de um tráfego fluido, maior segurança nas vias e uma poluição reduzida, uma cidade sem essa gestão enfrenta desafios constantes e perde a oportunidade de aproveitar os benefícios proporcionados pela tecnologia. Investir em uma gestão de trânsito inteligente, apoiada pelo IoT, é fundamental para o desenvolvimento de cidades modernas, sustentáveis e eficientes, onde a mobilidade urbana é facilitada e a qualidade de vida dos cidadãos é significativamente melhorada.

Para alcançar uma cidade com uma gestão de trânsito eficiente e baseada no IoT, é necessário investimento em infraestrutura tecnológica, como sensores,

câmeras e sistemas de comunicação. É fundamental também estabelecer parcerias entre entidades governamentais, empresas privadas e especialistas em tecnologia para desenvolver e implementar soluções inovadoras. Embora existam desafios a serem enfrentados, como questões de privacidade e segurança dos dados, os benefícios superam amplamente as preocupações.

Uma cidade com gestão de trânsito baseada em IoT é capaz de se adaptar às demandas e necessidades em constante mudança dos cidadãos. Com a coleta contínua de dados e análises precisas, é possível identificar padrões de tráfego, planejar o desenvolvimento urbano de forma mais eficiente e tomar decisões embasadas em dados concretos. Isso resulta em uma cidade mais inteligente, onde o trânsito flui de maneira harmoniosa, os congestionamentos são reduzidos e os recursos são utilizados de forma mais sustentável.

Além disso, a gestão de trânsito baseada em IoT possibilita uma integração mais eficaz dos diferentes modos de transporte. Com a implementação de sistemas de transporte inteligentes, é possível oferecer opções de mobilidade mais diversificadas, como compartilhamento de bicicletas e veículos elétricos, além de promover a integração entre transporte público e privado. Isso não apenas melhora a eficiência do sistema de transporte, mas também reduz o número de veículos nas ruas, aliviando o congestionamento e reduzindo a poluição.

No entanto, é importante reconhecer que a implementação da gestão de trânsito baseada em IoT não é isenta de desafios. A infraestrutura tecnológica requer investimentos significativos, tanto em termos financeiros quanto em recursos humanos capacitados. Além disso, é necessário garantir a segurança dos dados coletados, protegendo a privacidade dos cidadãos e prevenindo possíveis ataques cibernéticos.

Em conclusão, a diferença entre uma cidade com e sem gestão de trânsito baseada em IoT é notável. Enquanto uma cidade com essa abordagem desfruta de um tráfego mais fluido, maior segurança viária e menor impacto ambiental, uma cidade sem essa gestão enfrenta desafios constantes e perde oportunidades de melhoria. A tecnologia IoT oferece um potencial significativo para otimizar a gestão de trânsito e criar cidades mais inteligentes, eficientes e sustentáveis. Investir nessa abordagem inovadora é essencial para enfrentar os desafios do crescimento urbano e proporcionar uma melhor qualidade de vida para os cidadãos.

4.4.1 Exemplos de utilização de semáforos inteligentes no Brasil:

Podemos citar alguns exemplos notáveis:

- São Paulo: A cidade de São Paulo implementou um sistema de controle de tráfego inteligente chamado "SPTransito". Esse sistema utiliza câmeras de monitoramento e sensores para coletar dados em tempo real sobre o tráfego e ajustar os tempos de sinalização de acordo com a demanda. Além disso, São Paulo também possui semáforos com temporizadores para pedestres, que mostram quanto tempo resta para atravessar com segurança.
- Rio de Janeiro: O Rio de Janeiro possui um projeto chamado "Rio Intelligent Traffic System" (RITS), que utiliza semáforos inteligentes em várias regiões da cidade. Esses semáforos são equipados com sensores de tráfego e câmeras de monitoramento, permitindo que os tempos de sinalização sejam adaptados de acordo com as condições do tráfego em tempo real.
- Belo Horizonte: A cidade de Belo Horizonte implantou o projeto "BH Inteligente", que inclui a implementação de semáforos inteligentes em algumas áreas da cidade. Esses semáforos utilizam sensores de tráfego para coletar informações sobre o fluxo de veículos e ajustar os tempos de sinalização de acordo com as condições de tráfego.
- Curitiba: A cidade de Curitiba é conhecida por seu sistema de transporte público eficiente e também possui semáforos inteligentes. Esses semáforos são integrados ao sistema de ônibus da cidade, permitindo que os veículos de transporte público recebam prioridade nos cruzamentos, melhorando a velocidade e a regularidade do serviço.
- Brasília: A capital do Brasil também implementou semáforos inteligentes em algumas vias importantes. Esses semáforos utilizam sensores de tráfego e algoritmos adaptativos para ajustar os tempos de sinalização de acordo com a demanda, buscando otimizar o fluxo de veículos.

5 - Conclusão

Diante do exposto, pode-se concluir que a implementação de um sistema de sensores e tecnologia IoT para a gestão do trânsito na cidade de Juiz de Fora apresenta-se como uma solução promissora para melhorar a fluidez do tráfego e, conseqüentemente, reduzir o tempo de deslocamento dos motoristas, bem como os congestionamentos na região central da cidade.

Por meio da pesquisa bibliográfica realizada, foi possível identificar que o uso de sensores e dispositivos conectados à internet pode oferecer uma visão mais ampla e precisa do trânsito, permitindo que as autoridades locais tomem decisões mais informadas e ágeis em relação ao gerenciamento do fluxo de veículos. Além disso, a implementação de um sistema de IoT pode contribuir para a redução de acidentes de trânsito, uma vez que a tecnologia pode detectar rapidamente situações de risco e acionar alertas para os motoristas.

No entanto, é importante destacar que a implementação de um sistema de sensores e IoT requer um investimento significativo em infraestrutura e tecnologia, além de uma equipe capacitada para gerenciar os dados coletados e tomar as decisões adequadas em tempo hábil. Portanto, é necessário um planejamento cuidadoso e uma análise detalhada dos custos e benefícios antes de se adotar essa solução na região em questão e em outras localidades.

Em resumo, o presente trabalho teve como objetivo propor uma solução para a gestão do trânsito na cidade de Juiz de Fora por meio do uso de tecnologia IoT e sensores. A revisão bibliográfica realizada permitiu identificar que a implementação dessa solução pode trazer benefícios significativos para a cidade, incluindo a redução de congestionamentos e acidentes de trânsito. Porém, cabe ressaltar novamente que tal tecnologia requer um planejamento minucioso, e que antes de se adotar tal solução em larga escala é necessário avaliar as condições e particularidades de cada local, buscando sempre equilibrar custos e benefícios.

Por fim, a pesquisa realizada permitiu concluir que, com as tecnologias disponíveis na atualidade aliadas à internet das coisas, é possível desenvolver um sistema de controle de trânsito mais eficiente e seguro para a sociedade como um todo.

Referências

AHVENNIEMI, H. *et al.* *What are the differences between sustainable and smart cities?* *Cities*, v. 60, p. 234-245, 2017. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

ARAÚJO, Josimery Horta de. *et al.* *Smart Cities: um estudo prospectivo sobre Internet das Coisas (IoT) aplicada ao setor de mobilidade urbana. Cadernos de Prospecção. Salvador – BA. Março de 2020.*

Assessoria de imprensa. *Pesquisa mostra o tempo gasto no trânsito por moradores das capitais do país.* Portal do trânsito, 2022. Disponível em: <https://www.portaldotransito.com.br/noticias/mobilidade-e-tecnologia/pesquisa-mostra-a-que-moradores-das-capitais-do-pais-gastam-em-media-2h-por-dia-no-transito/>

Portal do trânsito e mobilidades, 2022. Disponível em: [oradores-das-capitais-do-pais-gastam-em-media-2h-por-dia-no-transito/#:~:text=A%20pesquisa%20de%202022%20tamb%C3%A9m,dos%20transportes%20p%C3%BAblicos%2C%20por%20exemplo](https://www.portaldotransito.com.br/noticias/mobilidade-e-tecnologia/pesquisa-mostra-a-que-moradores-das-capitais-do-pais-gastam-em-media-2h-por-dia-no-transito/#:~:text=A%20pesquisa%20de%202022%20tamb%C3%A9m,dos%20transportes%20p%C3%BAblicos%2C%20por%20exemplo). Acesso em: 19 de setembro de 2022

C2TI. O que é a quarta revolução industrial? 24/06/2019. Disponível em: <https://c2ti.com.br/blog/o-que-e-a-quarta-revolucao-industrial-empendedorismo>
Acesso em: 12 de abril de 2023.

CHIEREGATTI, Carolina Moreira. *A MOBILIDADE URBANA DE BRASÍLIA: um estudo descritivo em comparação com as propostas de uma Cidade Inteligente.* Monografia (Bacharel em Administração) – Universidade de Brasília, 2016. Acesso em 5 de novembro de 2022.

CRUZ, Elaine Patrícia. *Brasileiros gastam 32 dias do ano no trânsito, diz pesquisa.* 2019. Disponível em: <https://valorinveste.globo.com/objetivo/organize-as-contas/noticia/2019/05/30/brasileiros-gastam-32-dias-do-ano-no-transito-diz-pesquisa.ghtml>. Acesso em: 11 de novembro de 2022.

CUNHA, M. A. *et al.* *Smart Cities: Transformação Digital de Cidades.* 1. ed. São Paulo: Programa Gestão Pública e Cidadania, 2016. v. 1. 161 p. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

EGER, J. M. *Smart growth, smart cities, and the crisis at the pump a worldwide phenomenon.* *I-Ways – The Journal of E-Government Policy and Regulation*, v. 32, n. 1, p. 47-53, 2009. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

FERREIRA, A. A. *Estratégias e iniciativas para mobilidade em cidades inteligentes.* 2016. 78 p. Monografia (Graduação em Engenharia) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/159577>. Acesso em: 30 outubro de 2022.

GOV - Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/desenvolvimento-urbano/carta-brasileira-para>

GORGULHOS, Cristiane Fernandes; TREDINNICK, Marcelo Ricardo Alves. *O Controle de Tráfego em Cidades Inteligentes: um panorama dos depósitos de patente no Brasil e no Mundo*. INPI. 2020. Acesso em: 10 de novembro de 2022.

HULSE, Eduardo Otte; CHIH, Wan Yu. *Internet das Coisas e suas Aplicações na Mobilidade Urbana*. 2019. Disponível em: <https://www.wplex.com.br/artigos/2019-udesc-Internet%20das%20coisas%20na%20mobilidade%20urbana.pdf>. Acesso em: 8 de novembro de 2022.

LAZARIOU, G. C.; ROSCIA, M. C. *Definition methodology for the smart cities model*. *Energy*, v. 47, n. 1, p. 326-332, 2012. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

LOHMANN, Douglas. *A Estrutura da Internet das Coisas*, 2016. Disponível em: <https://smarthouse.readthedocs.io/en/latest/internetDasCoisas.html>. Acesso em: 1 de março de 2023.

KAGERMANN, H., W. et al. (2013) *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Disponível em: http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Material_fuer_Sonderseiten/Industrie_4.0/Final_report_Industrie_4.0_accessible.pdf. Acesso em 19 de setembro de 2022.

MARSALL-LLACUNA, M. L.; COLOMER-LLINÀS, J.; MELÉNDEZ-FRIGOLA, J. *Lessons in urban monitoring taken from sustainable and livable cities to better address the Smart Cities initiative*. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 90, p. 611-622, 2015. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

MOBILIDADE In: *Dicionário Michaelis*. Editora Melhoramentos, 2017. Disponível em: <https://michaelis.uol.com.br/busca?id=L1jwW>. Acesso em 3 de novembro de 2022.

VACCARI, Lorreine Santos; FANINI, Valter. *Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar - CREA-PR - Mobilidade Urbana*, 2016. Disponível em: <https://www.crea-pr.org.br/ws/wp-content/uploads/2016/12/mobilidade-urbana.pdf>. Acesso em: 27 de outubro de 2022.

OLIVEIRA, Pedro; PEDROSA, Isabel; BERNARDINO, Jorge. *IoT nas Smart Cities—Revisão da literatura*. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, n. E42, p. 330-343, 2021.

PAPA, R.; GARGIULO, C.; GALDERISI, A. *Towards and urban planners perspective os smart city*. *Tema Journal of Land Use, Mobility and Environment* v. 6. n. 1, p. 5-17, 2013. Acesso em: 30 de outubro de 2022.

Prefeitura de Aracaju, 2021. Disponível em: https://www.aracaju.se.gov.br/noticias/90605/semaforos_inteligentes_garantem_melhoria_na_mobilidade_urbana_de_aracaju.html. Acesso em 01 de março de 2023.

Prefeitura Municipal de Campinas, 2022. Disponível em: <https://portal.campinas.sp.gov.br/noticia/44161>

RODRIGUES, Ricardo Batista. *Novas Tecnologias da Informação e da Comunicação*, 2016. Disponível em: https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/12/arte_tecnologias_informacao_comunicacao.pdf. Acesso em: 01 de março de 2023.

SCHUME, Philipp. *Improve product quality and yield with intelligent, secure, and adaptable manufacturing operations, 2020*. Disponível em: <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/iot-manufacturing-ready/>. Acesso em 04 de Abril de 2023.

SILVA, Danilo Goulart da. *Indústria 4.0: conceito, tendências e desafios. 2017. 4f. Monografia* (Tecnólogo em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Acesso em 5 de novembro de 2022.

SILVA, F.; ROCHA, R. *Internet das coisas: A Internet e sua evolução rumo à ubiquidade*. Minas Gerais, 2013. Acesso em: 13 de novembro de 2022.

SILVEIRA, Fábio Jacob da. *Mobilidade URBANA EM Juiz de Fora/MG. 2018. 114f. Dissertação* (Graduação em Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Minas Gerais. Acesso em: 10 de novembro de 2022.