

## Levantamento das tecnologias sem fio para IoT e Indústria 4.0

**Amanda Trindade de Santana Elisario**

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

**Gustavo Ferreira Vicentine**

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

**Heitor Giatte da Costa**

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

**Dr. Arnaldo de Carvalho Junior**

Instituto Federal de São Paulo (IFSP), Cubatão, SP, Brasil

**Resumo:** Este artigo faz um levantamento bibliográfico a respeito das tecnologias sem fio aplicadas para Internet das Coisas (IoT) e Indústria 4.0. O objetivo é comparar as tecnologias Sigfox, LoRaWAN, Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth (BLE) e *Narrowband-IoT* (NB-IoT), verificando o alcance e a taxa de transmissão de dados de cada uma, além de outras características. O trabalho discorre também sobre a *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) e a *Wireless Local Area Network* (WLAN), e as aplicações reais de IoT com as tecnologias sem fio.

**Palavras-chave:** *Survey*. Internet das Coisas (IoT). Indústria 4.0. Wireless.

**Abstract:** This article is a bibliographic survey regarding wireless technologies for the Internet of Things (IoT) and Industry 4.0 applications. The objective is to compare Sigfox, LoRaWAN, Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth (BLE) and *Narrowband-IoT* (NB-IoT) technologies, verifying the range and data transmission rate of each one, in addition to other characteristics. The work also discusses the *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) and the *Wireless Local Area Network* (WLAN), and the real applications of IoT with wireless technologies.

**Keywords:** *Survey*. Internet of Things (IoT). Industry 4.0. Wireless.

## INTRODUÇÃO

A Internet das Coisas (*Internet of Things*- IoT) é um avanço incalculável para a evolução da humanidade, contribuindo fortemente para a facilidade coletiva através de criações inteligentes que são possíveis em razão das aplicações sem fio (QU *et al.*, 2018). Até 2024, espera-se que o mercado da IoT dê um lucro aproximado de 4,3 trilhões de dólares (RAZA *et al.*, 2017). A IoT é um termo para se referir a dispositivos elétricos e eletrônicos conectados à Internet e busca ampliar sua utilização para além da comunicação entre dispositivos com a mesma função, mais conhecido como “*machine-to-machine* (M2M)” (MIRAZ *et al.*, 2015). Resumidamente, a IoT é uma forma de objetos cotidianos inanimados serem programados para realizar tarefas domésticas ou industriais de forma remota. Isso é possível, pois os objetos entram em comunicação e se conectam através da Internet (SANTOS *et al.*, 2016). Entre as tecnologias que a IoT pode se apropriar, destacam-se Bluetooth, LoRaWAN, Narrow Band IoT, Wi-Fi, Sigfox e Zigbee.

A *Low Power Wide Area Network* (LPWAN) é uma rede de longa distância de baixa potência. Destaca-se por ser uma rede de baixo custo e oferecer conectividade por uma área de longo alcance. Essa tecnologia contribui fortemente para a expansão da IoT e é altamente utilizada na agricultura (LIYA; ARJUN, 2020). Entre as tecnologias que a LPWAN possui, encontram-se LoRaWAN, NB-IoT e Sigfox (LIYA *et al.*, 2020), e Zigbee (CHETTRI; BERA, 2020).

A WLAN (*Wireless Local Area Network*) é uma rede local sem fios, que estabelece alguns parâmetros para aplicação, sendo eles cobertura, capacidade e interferência. Relacionam-se da seguinte forma: quanto maior a cobertura, maior quantidade de pontos de acesso é necessária (*access points* – Aps) para minimizar a interferência causada. Já o paralelo que se pode traçar com a capacidade é em relação ao número de dependentes da rede, ou seja, quanto maior for a capacidade desejada, maior será a taxa de transmissão de dados pelos APs. Além disso, elevar a taxa de dados de transmissão de um AP significa controlar a cobertura alcançada pela rede, e isso exige mais APs e aumenta a chances de interferência entre esses APs (CARVALHO JUNIOR, 2012).

A arquitetura IEEE 802 define um conjunto de normas e tecnologias para redes no escopo das camadas física (PHY) e de enlace. A camada de enlace é dividida em

duas subcamadas: *Logical Link Control* (LLC), o equivalente a um protocolo de enlace de fato, porém nem todo padrão IEEE 802 o utiliza. As tecnologias apresentadas nesse artigo pertencem ao padrão IEEE 802.11, conhecidos como WLAN (redes locais sem fio), o que inclui WiFi, e o padrão IEEE 802.15 específicos para WPAN (redes pessoais sem fio). O Bluetooth pertence a esse padrão.

A metodologia empregada nesse artigo foi a pesquisa bibliográfica. Para isso, agruparam-se informações de diversos artigos, dissertações e fóruns técnicos. Toda fundamentação teórica utilizada nesse trabalho foi obtida pelas plataformas de busca “Google Scholar” e “IEEE Xplore”. A pesquisa por artigos foi realizada através de palavras chaves, como LPWAN, LoRaWAN, Sigfox, *Wireless Sensor Nodes*, *Wireless Industrial Sensor Network*, aplicações sem fio, IoT, Indústria 4.0 e outras. Destaque-se a relevância desta pesquisa por caracterizar o estado da arte das tecnologias sem fio disponíveis e para quais aplicações elas se destinam.

Este trabalho mostra as aplicações práticas da IoT, tais utilizações se apropriam das redes sem fio citadas anteriormente no presente trabalho. As aplicabilidades expostas estão divididas em seis áreas diferentes, sendo o setor da saúde em que é apresentado a IoT usada na *E-Helthcare* (assistência médica), na área tecnológica e de desenvolvimento onde se encontram as cidades inteligentes (*smart cities*), o ramo da automação residencial (*home automation*) em que é discorrido acerca de casas inteligentes. E ainda, o setor da agricultura e agronegócio, o qual é um setor em que a IoT está em alta expansão em razão das aplicações sem fio e dispositivos IoT mostrarem alto desempenho e benefícios. E, também, o transporte inteligente (*smart transportation*), posto que envolve pesquisa visando a melhorar o desempenho, segurança e eficiência de veículos. E esse artigo apresenta inclusive, a IoT nas redes inteligentes mais conhecida como “*smart grids*”. Essa aplicação está inteiramente ligada ao setor elétrico e o presente trabalho busca explorar o conceito, a finalidade e as características das redes inteligentes.

O presente artigo tem como principal objetivo realizar um levantamento bibliográfico destrinchando as tecnologias sem fio consideradas as principais para IoT e Indústria 4.0. Por isso, foram selecionadas seis redes sem fio e apresentadas tabelas detalhadas constando as características essenciais de cada tecnologia como, por exemplo, alcance, frequência de banda, taxa de transmissão e consumo de

energia. Ademais, em razão do artigo ser do tipo “*survey*”, os resultados são apresentados em formato de quadro com o número de artigos presentes das seis tecnologias exploradas ao longo do artigo. Foi verificada a quantidade utilizando as plataformas de busca “Google Scholar” e “IEEE Xplore” e dispendo das ferramentas de busca avançada e operadores booleanos.

A seção 2 apresenta a fundamentação teórica e descrição das tecnologias sem fio pesquisadas. A seção 3 apresenta um levantamento das principais aplicações por tecnologia, enquanto a seção 4 apresenta os resultados alcançados por esta pesquisa.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A IoT está expandindo e mostrando a quão necessária é para a evolução da tecnologia, tendo em vista que o mercado da IoT gera muitos benefícios para a economia. Através dos incentivos governamentais, a quantidade de dispositivos conectados IoT atingiram a marca de 7,1 bilhões, em 2018, e a perspectiva é de que esse número aumente. Espera-se que, em 2025, sejam 21,5 bilhões de dispositivos IoT e que o valor desse setor alcance 7,1 trilhões de dólares, também até 2025 (PIRAYESH *et al.*, 2020).

Nesse contexto, é interessante conhecer a arquitetura básica dos dispositivos inteligentes que dispõem de quatro elementos, sendo memória, comunicação, energia e sensores. A unidade de memória, também conhecida como unidade de processamento, é formada por armazenamento de dados, um conversor analógico digital e um microcontrolador. O objetivo dessa unidade é reduzir o consumo de energia e o espaço ocupado (SANTOS *et al.*, 2016). O outro elemento, unidade de comunicação, corresponde a um canal de comunicação sem fio, mas há usos de comunicação com fio. A unidade de energia caracteriza-se por gerar energia através de uma bateria, e a última unidade, que pode ser chamada de sensor ou atuador, é responsável por monitorar a localização do objeto inteligente (SANTOS *et al.*, 2016). Portanto, percebe-se que os objetos inteligentes conseguem desempenhar diversas funções por meio de comandos pré-determinados.

## 2.1 Tecnologias Sem Fio

A seguir, é apresentada uma breve descrição de cada tecnologia sem fio pesquisada.

### A. SIGFOX

A Sigfox é uma empresa francesa e uma rede de menor consumo e capacidade elevada direcionada para IoT, sendo uma das empresas pioneiras voltada para IoT. Em linhas gerais, a tecnologia Sigfox disponibiliza uma alternativa de comunicação sem fio por meio de um *software* que diminui tanto o consumo de energia quanto o valor gasto dos aparelhos conectados. A banda de frequência em que opera é de 915 a 928 MHz e a largura de banda do canal de 100 MHz. Além disso, a Sigfox sustenta a banda ultra estreita e opera em espectro não licenciado, em que é gerada uma forma celular de comunicação de rede para indicar uma solução de menor rendimento em IoT (CHETTRI; BERA, 2020).

### B. LoRa e LoRaWAN

A rede sem fio LoRaWAN altamente popular entre a LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) (SIKIMIC *et al.*, 2020) ou protocolo LoRaWAN™ estabelece a arquitetura e a comunicação de um sistema e, para determinar esses parâmetros, o protocolo utiliza a tecnologia LoRa® (SILVA JUNIOR, 2016). A tecnologia LoRa é uma camada física responsável pela comunicação de longa distância. A rede de espectro LPWAN foi criada por “*The Special Interest Group*” (SIG) (Grupo de Interesse Especial). Trata-se de uma camada de enlace “*Media Access Control*” (MAC) (Controle de Acesso ao Meio) de um determinado modelo OSI, *Open System Interconnection* (Sistemas Abertos de Interconexão). Em linhas gerais, enquanto a rede LoRaWAN é um protocolo estrutural que permite a comunicação do sistema de rede, o LoRa serve para passagem de troca de dados de longo alcance (SIKIMIC *et al.*, 2020).

### C. ZigBee

O ZigBee utiliza o LPWAN para promover sua tecnologia na área de IoT, destacando-se por possuir todas as camadas OSI e ser uma continuidade do

IEEE.802.15.4 (CHETTRI; BERA, 2020). Assim, é comparada ao Bluetooth porque ambas são comunicações de curto alcance, já que o ZigBee transmite até 100m. Destaque-se que o ZigBee utiliza microcontroladores de 8 bits (SIKIMIĆ *et al.*, 2020), e sua aplicabilidade ocorre na área de saúde, automação residencial e indústria relacionada a IoT (CHETTRI; BERA, 2020), e para tarefas em que não seja necessário transmitir dados em altas quantidades (SIKIMIĆ *et al.*, 2020).

#### **D. Bluetooth**

O Bluetooth é uma comunicação sem fio desenvolvida para promover a conexão entre aparelhos em curta distância. Essa tecnologia opera na banda de 2.4 GHz ISM (*industrial, scientific and medical*) e atualmente é o padrão aderido pela indústria de aparelhos móveis. Em adição, existe também o Bluetooth *Low Energy*, BLE que, além de consumir menos energia, tem capacidade de sustentar uma topologia estrelada ilimitada. Todavia, verifica-se que o BLE se aplica a dispositivos que utilizam fontes de energia autônomas e que possuem baixa largura de banda (SIKIMIĆ *et al.*, 2020).

#### **E. NB-IoT**

O NB- IoT, *Narrowband* (A Internet de banda estreita das coisas), faz parte da LPWAN e surgiu através da tecnologia 3 GPP, *3rd Generation Partnership Project* (Projeto de Parceria de 3.<sup>a</sup> Geração). Opera em uma largura de banda de 180 kHz de *uplink* e *downlink*. Possui três modos de operação, sendo o primeiro “Operação *In-band*”, o segundo “Modo de Banda de Guarda” e o terceiro “Modo Autônomo”. Além disso, é uma tecnologia relacionada à aplicação para IoT, sendo utilizada em aplicativos de baixa potência e será de grande importância futuramente para as tecnologias que dependem da IoT (CHETTRI; BERA, 2020).

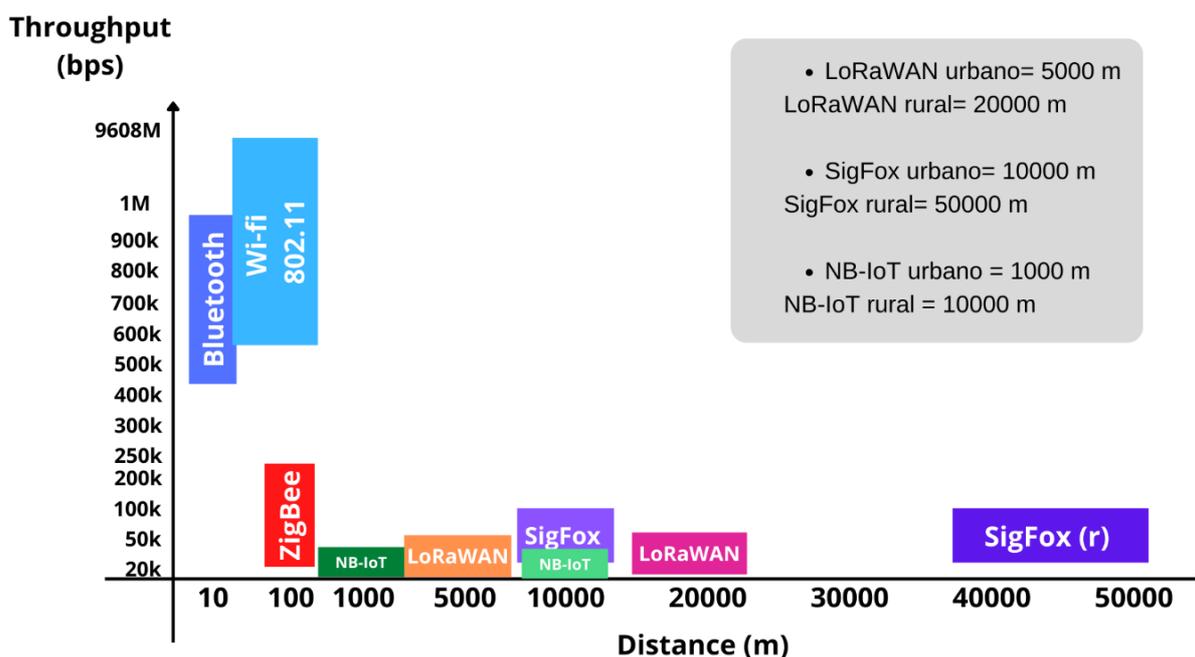
#### **F. WLAN (Wi-Fi)**

O Wi-Fi é uma tecnologia do padrão IEEE 802.11 e atua na faixa de 2,4 e 5GHz. Necessita de dois elementos para estabelecer uma rede central, sendo um ponto de acesso e um adaptador respectivamente (SIKIMIĆ *et al.*, 2020). Ademais, a rede

utilizada é a LAN (Local Area Network) e o Wi-Fi é recomendado para aplicação de curto alcance (CHETTRI; BERA, 2020).

É importante saber que existe uma tecnologia mais eficiente para cada cenário em que a IoT necessite ser usada. Para determinar isso, existem dois conceitos conhecidos, como taxa de transmissão de dados (em inglês: *throughput*) e alcance (*distance*). A Fig. 1 apresenta um diagrama de taxa de transmissão de dados por alcance onde cada tecnologia se posiciona.

Figura 1- Comparação das tecnologias sem fio quanto à taxa de dados e distância



Fonte: Adaptado do artigo “*Digital Wireless Automotive Tachograph*”. (DINIZ *et al.*, 2019).

A distância/alcance que cada tecnologia sem fio é capaz de atingir é um critério importante para a escolha da rede que será utilizada. As redes de comunicação para IoT são divididas em rede de curto, médio e longo alcance (SIKIMIĆ *et al.*, 2020) (CONCEIÇÃO JÚNIOR, 2012). Em relação à frequência de banda, existem as gratuitas e de espectro não licenciado, como a ISM que tem finalidade científica, e as licenciadas que demandam questões burocráticas, regulatórias e com custo de aquisição (CONCEIÇÃO JÚNIOR, 2012).

O consumo de energia está totalmente ligado a economia do projeto, pois, quanto menos energia utilizada, menor será o custo financeiro (CONCEIÇÃO

JÚNIOR, 2012). A seguir, é apresentada o Quadro 1 comparando as características das tecnologias.

Quadro 1- Principais Características das Tecnologias Sem Fio Utilizadas em IoT

Tecnologias	Alcance	Banda	Taxa de Transmissão	Consumo de Energia	Referências
<b>LoRaWan</b>	5km urbano e 20 km rural	915 e 928 MHz	50 kbps	Baixo	(QU et al., 2018) (LIYA e ARJUN, 2020)
<b>SigFox</b>	10 km urbano e 50 km rural	868 MHz e 915 e 928 MHz	100 kbps	Baixo	(QU et al., 2018) (LIYA e ARJUN, 2020)
<b>NB-IoT</b>	1km urbano e 10 km rural	700 e 800 e 900 MHz	20 kbps (FDMA - uplink), 200 kbps (OFDMA-downlink)	Baixo	(QU et al., 2018) (LIYA e ARJUN, 2020)
<b>Wi-Fi</b>	100m	2,4 GHz / 5 GHz / 6 GHz	9608 Mbps	Médio	(QU et al., 2018) (LIYA e ARJUN, 2020) (MIRAZ et al., 2015)
<b>Bluetooth</b>	10m	2402 MHz e 2480 MHz	2.2 Mbps	Baixo	(QU et al., 2018) (LIYA e ARJUN, 2020) (SANTOS et al., 2016)
<b>Zigbee</b>	De 10m a 100m	902 e 928 MHz, e 2,4 GHz	20, 40 kbps e 250 kbps	Baixo	(QU et al., 2018) (LIYA e ARJUN, 2020) (MIRAZ et al., 2015)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

### 3. RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos na busca por palavras-chave e pelas aplicações mais utilizadas pelo tipo de tecnologia.

#### 3.1. Levantamento das Tecnologias Sem Fio

Notou-se que as tecnologias Sigfox, LoRaWAN, Wi-Fi, ZigBee, Bluetooth e NB-IoT tornam possível a concretização da IoT e a implementação da Indústria 4.0. Considerando o que foi citado na seção de metodologia e lembrado o objetivo do

artigo, a tabela a seguir mostra a relação da quantidade de artigos disponíveis nas duas plataformas de busca utilizadas nesse trabalho. Além disso, como forma de deixar a pesquisa mais eficiente, foram utilizados operadores booleanos “AND” e “OR”, são utilizados como procedimento de busca. O operador “AND” representa a interseção, isto é, as palavras-chave pesquisadas irão aparecer no mesmo documento. Já o operador “OR” é utilizado para indicar a união, ou seja, as palavras buscadas não estarão todas no mesmo documento, pode-se encontrar uma ou outra. Além desses dois operadores, há também o operador “NOT” que representa a exclusão da pesquisa. Em outras palavras, se for pesquisado “indústria 4.0 NOT IoT”, é o mesmo que dizer “pesquisar artigos que tenha o termo indústria 4.0 e não tenha o termo IoT”. Todavia, na exposição desse trabalho, utilizaram-se somente os operadores “AND” e “OR”. Para mais, cabe a observação em relação ao período utilizado para pesquisa da quantidade de artigos de cada tecnologia, consideraram-se apenas artigos publicados nas plataformas citadas entre o ano de 2015 e de 2022.

Percebe-se, ao analisar os dados do Tabela 1, que, quando o operador booleano “OR” foi colocado junto às palavras-chave pesquisadas, a quantidade de artigos encontrados em ambas as plataformas foi maior do que quando utilizado o operador “AND”. Isso ocorre justamente porque o objetivo do operador “OR” é encontrar artigos que tenham apenas um dos termos buscados. Já o operador “AND”, por ter como propósito encontrar todos os termos em um único artigo, acaba por diminuir a quantidade encontrada, pois esse operador é mais seletivo. Ainda de acordo com os dados compilados na Tabela 1, verifica-se que as tecnologias LoRaWAN, NB-IoT, Wi-Fi e ZigBee possuem maior número de artigos publicados. Pode-se entender que essas quatro tecnologias estão sendo mais apuradas e, provavelmente, apontadas como melhores soluções para aplicações futuras.

Tabela 1 – Levantamento da Quantidade de Artigos de Cada Tecnologia

TERMOS	GOOGLE SCHOLAR	IEEE Xplore
sigfox AND iot	10 900	186
sigfox OR iot	270 000	58 282
lorawan AND iot AND industry 4.0	4 690	40
lorawan OR iot OR industry 4.0	1 100 000	63 173
NB-IoT AND iot	16 300	947
NB-IoT OR iot OR industry 4.0	1 240 000	60 315
wifi AND iot AND industry 4.0	15 800	12
wifi OR iot OR industry 4.0	1 220 000	65 398
bluetooth AND iot	41 900	1 485
bluetooth OR iot	430 000	70 405
zigbee AND iot AND industry 4.0	13 300	17
zigbee OR iot OR industry 4.0	1 230 000	70 380

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

### 3.2 Aplicações das Tecnologias Sem Fio.

A IoT já é utilizada em diversas áreas, como em *E-Healthcare* (assistência médica), cidades inteligentes, automação residencial, agricultura, transporte

inteligente (*smart transportation*). Esta seção mostra cada aplicação e suas características.

### **I. E- HELTHCARE**

Um conceito que está em alta no ambiente da saúde e relacionado a IoT é a telemedicina, a qual foi altamente necessária e eficaz principalmente no período de isolamento social devido à pandemia de COVID-19. A telemedicina engloba o diagnóstico médico, a prevenção e o tratamento de doenças (MOURA *et al.*, 2022). Um exemplo disso são os sensores vestíveis “Health IoT” capazes de transmitir dados de um paciente para dispositivos por meio das redes sem fio. Esses dados podem ser do monitoramento da frequência cardíaca, dados da diabetes, saturação do oxigênio e outros (SCARPATO *et al.*, 2017). Além disso, podem ser transmitidos de forma remota a temperatura do paciente e os sinais vitais das pessoas. A perspectiva é possibilitar que os serviços remotos da área da saúde sejam aprimorados, implantando alta conectividade para comunicação entre hospitais, as farmácias e os profissionais da área (CHETTRI; BERA, 2020).

### **II. CIDADES INTELIGENTES**

Para acompanhar a evolução tecnológica, a IoT é utilizada para projetos de cidades inteligentes, cujo objetivo é conectar objetos e pessoas em qualquer lugar e a qualquer momento. O conceito de cidade inteligente engloba iluminação inteligente, gestão inteligente de resíduos e outros. Além disso, a velocidade da taxa de transmissão de dados da tecnologia celular será de 2 GB/s, isto é, uma velocidade dez vezes maior que a velocidade que permite a comunicação entre dispositivos IoT (CHETTRI; BERA, 2020).

### **III. AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL**

As casas inteligentes se aproximam do princípio do conceito de IoT, que é tornar um objeto com capacidade de ser programado, em um realizador de tarefas. Assim, a automação residencial ou “*home automation*” visa a conectar os eletrodomésticos e a projetar janelas e portas capazes de obedecer a comandos. Estes comandos ocorrem, pois existe um controlador principal responsável por

reunir, guardar e filtrar os dados obtidos, e é esse controlador principal que entende e obedece aos comandos. Entre as variáveis as quais é possível dar ordens, estão a temperatura da casa, ar-condicionado, lâmpadas e toda parte de iluminação. A respeito dos dados da residência, é válido reforçar a importância de serem privados, porque cada informação é sensível quando se trata de automação residencial (CHETTRI; BERA, 2020) (QU *et al.*, 2018).

#### **IV. AGRICULTURA**

A área da agricultura e agronegócio em geral se beneficia bastante das tecnologias IoT, e as tecnologias sem fio da rede LPWAN se destacam nesse contexto, pois possuem longo alcance, permitindo a conectividade em uma grande área, além de ter custo reduzido para esse tipo de aplicação. A preferência por utilizar tecnologias da rede LPWAN como LoRaWAN, NB-IoT e Sigfox deve-se ao fato de essas tecnologias apresentarem resultados melhores em tarefas de sistema de irrigação por gotejamento ou irrigação autônoma, manejo de estufas, monitoramento simultâneo do solo e sensores de medição de temperatura do solo e da umidade. Visto isso, percebeu-se a importância da IoT nesse setor quando a ONU, junto à equipe responsável por acompanhamento das atividades agrícolas, constatou que é necessário um crescimento de 60% na área agrícola até 2050 para esse setor suprir as necessidades da população mundial que aumenta constantemente (LIYA; ARJUN, 2020).

#### **V. TRANSPORTE INTELIGENTE**

O transporte inteligente visa a colocar nos próximos automóveis e veículos em geral sensores inteligentes e um controlador eletrônico a fim de monitorar e dispor do controle do veículo. Para evitar e diminuir os riscos dos acidentes de automóveis, a IoT visa a aprimorar o radar de trânsito utilizando o 5G. Isso ocorrerá quando os veículos das redes IoT estiverem conectados junto aos transportes inteligentes e, assim, conversarem entre si almejando obter dados das condições do tráfego em determinado momento. Além disso, dentro desse aspecto, é possível mencionar o tráfego inteligente, em que o objetivo é fornecer melhores

rotas e manejar o fluxo de veículos de forma inteligente (CHETTRI; BERA, 2020) (QU *et al.*, 2018).

## VI. SMART GRID

O conceito “*Smart Grid*” ou, em português, rede inteligente, emprega a automação visando a obter controle e monitorar a rede elétrica. As *smart grids* objetivam melhorar o processo desde a transmissão até o consumo de energia elétrica. As redes inteligentes se caracterizam por diminuir os impactos ambientais, isto é, uma rede mais sustentável, resolver de forma automática falhas no sistema, além de ser mais segura por suportar ataques físicos e cibernéticos. Para este conceito de *smart grid* ser concretizado, a comunidade científica e a empresas comerciais estão se dedicando arduamente, sendo que a aplicação final desejada é para gerenciamento de sistemas aplicados na área residencial e predial (FALCÃO, 2011; LEITE; CRUZ, 2017).

Quadro 3 – Relação Entre Aplicabilidade e Tecnologias Utilizada

APLICAÇÕES IoT	TECNOLOGIAS ENVOLVIDAS	REFERÊNCIAS
E-Healthcare	LoRa	(RIBEIRO, 2019)
Smart City	ZigBee e Bluetooth	(QU <i>et al.</i> , 2018) (CHETTRI e BERA, 2020)
Home Automation	Wi-Fi; LoRa; SigFox	(QU <i>et al.</i> , 2018) (CHETTRI e BERA, 2020)
Agricultura	Wi-Fi; LoRaWAN; NB-IoT; SigFox	(LIYA e ARJUN, 2020)
Smart Transportation	Wi-Fi	(QU <i>et al.</i> , 2018) (CHETTRI e BERA, 2020)
Smart Grid	Wi-Fi	(FALCÃO, 2011)(LEITE, 2017)

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

## 4 CONCLUSÃO

Diante dos dados apresentados, percebe-se que a evolução tecnológica Internet das Coisas (IoT) se faz totalmente necessário visto que traz consigo muitos benefícios, sendo o principal deles a conexão de dispositivos e objetos capazes de realizar tarefas remotamente através dos comandos determinados. Destaque-se os benefícios da IoT na seção de aplicações, em que é possível visualizar na prática

como cada setor utiliza o recurso da IoT e rede sem fio para o desenvolvimento mais seguro e eficiente. E, ainda, todo esse crescimento tecnológico é possível graças às redes sem fio, nesse caso, Bluetooth (BLE), NB-IoT, LoRaWAN e LoRa, Sigfox, Wi-Fi e ZigBee que, ao serem comparadas, mostram que nem sempre uma tecnologia será completamente melhor que outra, mas que cada rede sem fio é mais adequada para determinada aplicação. Comparando as características, observa-se que o Wi-Fi possui alta taxa de transmissão de dados, em contrapartida dispõe de menos cobertura. O LoRaWAN e o SigFox costumam disputar espaço devido a ambos possuírem semelhanças, já o NB-IoT possui baixa taxa de transmissão, no entanto, apresenta ótimo desempenho em aplicações que demandam cobrir uma grande área e tem a vantagem de já ter uma estrutura instalada, pois o NB-IoT é uma tecnologia derivada da rede celular 3GPP. E o Bluetooth e o ZigBee apresentam características parecidas, entretanto, enquanto o Bluetooth apresenta maior taxa de transmissão e curto alcance, o ZigBee é contrário pois pode ter um alcance maior dependendo da aplicação, entretanto, possui taxa de transmissão menor. Para mais, a rede Bluetooth Low Energy (BLE) é recomendada e utilizada para dispositivos com baixa largura de banda. Após destrinchar cada tecnologia e suas características, notou-se que, nos resultados, foram obtidas maiores quantidades de artigos das tecnologias LoRaWAN, NB-IoT, Wi-Fi e ZigBee. Esse dado pode indicar uma preferência para essas tecnologias serem aplicadas aos projetos futuros de IoT e Indústria 4.0 e, por isso, essas quatro tecnologias são mais investigadas e, conseqüentemente, possuem mais estudos realizados. Portanto, percebe-se que o objetivo do trabalho foi atingido, uma vez que o presente artigo teve como propósito realizar um levantamento bibliográfico das tecnologias, e isso foi feito e os resultados apresentaram êxito.

## REFERÊNCIAS

CARVALHO JUNIOR, Arnaldo. **Redes WLAN de Alta Densidade**. Teleco, 2012. Disponível em: [https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswlanad/pagina\\_1.asp](https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredeswlanad/pagina_1.asp). Acesso em: 3 jun. 2022.

CHETTRI, Lalit; BERA Rabindranath. A Comprehensive Survey on Internet of Things (IoT) Toward 5G Wireless Systems. **IEEE Internet Of Things Journal**, v. 7, n. 1, jan. 2020.

CONCEIÇÃO JÚNIOR, L. A; *et al.* **Redes sem Fio: Protocolo Bluetooth Aplicado em Interconexão entre Dispositivos**. Teleco, 2012. Disponível em: <https://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialredespbaidd/default.asp>. Acesso em: 3 jun. 2022.

DINIZ, S. I; *et al.* Digital Wireless Automotive Tachograph, **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 5, n. 12, p. 28809-28831, dez. 2019.

FALCÃO, M. D. **Integração de Tecnologias Para Viabilização da Smart Grid**. IEEE, 2011. Disponível em: [http://www.eletrica.ufpr.br/odilon/te339/artigo\\_SMART\\_GRID.PDF](http://www.eletrica.ufpr.br/odilon/te339/artigo_SMART_GRID.PDF). Acesso em: 28 jun. 2022.

LEITE, A. J. V; CRUZ, S. F. A. Estudo E Aplicação Da Smart Grid No Sistema Elétrico De Distribuição Brasileiro. *In*: SEPA - SEMINÁRIO ESTUDANTIL DE PRODUÇÃO ACADÊMICA, XVI, UNIFACS, 2017.

LIYA, M L; ARJUN, D. A Survey of LPWAN Technology in Agricultural Field. *In*: International Conference on I-SMAC (IoT in Social, Mobile, Analytics and Cloud), (I-SMAC), 4, 2020. IEEE Xplore Part Number: CFP20OSV-ART.

MIRAZ, H. M; *et al.* A Review on Internet of Things (IoT), Internet of Everything (IoE) and Internet of Nano Things (IoNT). **Internet Technologies and Applications (ITA)**, IEEE, 2015. doi:10.1109/ITechA.2015.7317398.

MOURA, E. R. F; *et al.* A Medicina Remota em Tempos de Pandemia: um estudo prospectivo de tecnologias de telemedicina. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 15, n. 1, jan.mar. 2022.

PIRAYESH, Hossein; *et al.* Coexistence of Wi-Fi and IoT Communications in WLANs. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 7, n. 8, ago. 2020.

QU, Y; *et al.* Privacy of Things: Emerging Challenges and Opportunities in Wireless Internet of Things. **IEEE Wireless Communications**, v. 25, n. 6, p. 91-97, dez. 2018. doi: 10.1109/MWC.2017.1800112.

RAZA, U; *et al.* Low Power Wide Area Networks: An Overview. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 19, n. 2, jun-set, 2017.

RIBEIRO, Jonatas Magno Tavares. Uma aplicação da tecnologia LoRa em um ambiente hospitalar. Repositório Institucional da UFSC, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/197683>. Acesso em: 28 jun. 2022.

SANTOS, P. B; *et al.* Livro de Minicursos SBRC 2016. 36 ed. *In*: Minicursos / SIMPÓSIO BRASILEIRO DE REDES DE COMPUTADORES E SISTEMAS DISTRIBUÍDOS, 34. Porto Alegre: SBC, 2016.



SCARPATO, N; *et al.* E-health-IoT Universe: A Review. **International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology**, v. 7, n. 6, 2017. ISSN: 2088-5334.

SIKIMIĆ, M; *et al.* An Overview of Wireless Technologies for IoT Network. *In*: INTERNATIONAL SYMPOSIUM INFOTEH-JAHORINA, 19, 18-20 mar. 2020.

SILVA JUNIOR, V. P. **Conheça a tecnologia LoRa® e o protocolo LoRaWAN™**. Embarcados, 2016. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/conheca-tecnologia-lora-e-o-protocolo-lorawan/#Kits-para-desenvolvimento>. Acesso em: 28 jun. 2022.