

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ivana Bomfim Brito

**Mapeamento Sobre o Uso das Tecnologias
Wi-Fi, Bluetooth e IoT no Desenvolvimento de
Ações de Entretenimento**

Uberlândia, Brasil

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Ivana Bomfim Brito

**Mapeamento Sobre o Uso das Tecnologias *Wi-Fi*,
Bluetooth e IoT no Desenvolvimento de Ações de
Entretenimento**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como requisito exigido parcial à obtenção do grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Professor Rafael Pasquini

Universidade Federal de Uberlândia – UFU
Faculdade de Ciência da Computação
Bacharelado em Sistemas de Informação

Uberlândia, Brasil

2021

Gostaria de dedicar esse trabalho a sete pessoas que foram o meu suporte emocional ao longo dos últimos 6 anos.

Agradecimentos

Gostaria de começar agradecendo ao meu orientador, Rafael Pasquini. Obrigada pela paciência e por me guiar ao longo do desenvolvimento desse trabalho. Gostaria também de agradecer aos meus colegas de classe que tornaram a minha experiência na faculdade mais divertida, como também as amigadas que fiz ao longo dos anos. Agradeço a minha primeira amigada que fiz no curso, Karollayne Rodrigues, e que me incentivou a continuar no curso.

Gostaria de agradecer aos meus pais por sempre me apoiarem em minhas decisões e por me guiarem ao longo dos anos. Por fim, gostaria de agradecer ao grupo BTS que seguraram a minha mão e me guiaram para luz quando tudo estava muito escuro.

“Está tudo bem parar, não há necessidade em correr sem ao menos saber o motivo”

(BTS)

Resumo

A área do entretenimento tenta se inovar com frequência para proporcionar novas formas de lazer para as pessoas e a tecnologia está presente nessas soluções. *Wi-fi*, *Bluetooth* e IoT trazem novas maneiras de se proporcionar uma experiência diferenciada para os usuários. Para tal, há abordagens já implementadas no mercado como também existem novas propostas na literatura. O propósito desse trabalho é investigar as tecnologias e algoritmos que já são usados nesse meio, verificar na literatura novas sugestões e fazer comparações entre elas, para obter um levantamento de dados sobre quais tecnologias podem ser usadas em novos projetos.

Palavras-chave: IoT, algoritmo, entretenimento, *Wi-Fi*, *Bluetooth*

Lista de ilustrações

Figura 1 –	<i>GRÁFICO IBGE USO DE Internet NA ZONA RURAL E URBANA NO BRASIL</i>	15
Figura 2 –	<i>GRÁFICO IBGE COMPARATIVO DO USO DA Internet NOS ANOS 2018 E 2019 BASEADO NA IDADE</i>	15
Figura 3 –	<i>FRAMES DE VÍDEO SOBRE Wi-Fi AWARE</i>	16
Figura 4 –	<i>FRAMES DE VÍDEO SOBRE Wi-Fi AWARE EXEMPLO DE USO</i>	17
Figura 5 –	<i>COMPARAÇÃO ENTRE SINGLE-USER MIMO E MULTI-USER MIMO</i>	17
Figura 6 –	<i>REPRESENTAÇÃO DO MÉTODO FINGERPRINTING</i>	19
Figura 7 –	<i>REPRESENTAÇÃO DE UM ALGORITMO KNN</i>	20
Figura 8 –	<i>Overview da LiveTag</i>	21
Figura 9 –	<i>DIAGRAMA DE PROTOCOLOS Bluetooth</i>	24
Figura 10 –	<i>CAMADAS DE PROTOCOLOS Bluetooth</i>	25
Figura 11 –	<i>ARMY BOMB</i>	26
Figura 12 –	<i>FRAMES DO DOCUMENTÁRIO K-Pop Evolution EPISÓDIO 3</i>	26
Figura 13 –	<i>TOPOLOGIA scatternet</i>	28
Figura 14 –	<i>FUNCIONAMENTO DO Bluetooth Marketing/Advertising</i>	29
Figura 15 –	<i>PROTOCOLOS IoT</i>	30
Figura 16 –	<i>IMAGEM DE UM XBOX</i>	32
Figura 17 –	<i>Pulseiras Xylobands ligadas</i>	33
Figura 18 –	<i>EXEMPLO DE UMA REDE P2P</i>	34

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação entre algoritmo KNN, CAA-PM e <i>fingerprinting</i>	39
Tabela 2 – Comparação entre <i>Bluetooth Marketing/ Advertising</i> e <i>iBeacon</i>	40
Tabela 3 – Comparação entre <i>Wi-Fi 6</i> e <i>Bluetooth 5.0</i>	41
Tabela 4 – Comparação entre infravermelho e transmissores <i>wireless</i>	41
Tabela 5 – Comparação entre RSSI, AoA e ToA.	42
Tabela 6 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 2 e seus respectivos sites de busca e quantidade de artigos.	44
Tabela 7 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 3 e seus respectivos sites de busca e quantidade de artigos.	44
Tabela 8 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 4 e seus respectivos sites de busca e quantidade de artigos.	44
Tabela 9 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 2 e os idiomas dos artigos.	45
Tabela 10 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 3 e os idiomas dos artigos.	45
Tabela 11 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 4 e os idiomas dos artigos.	46

Lista de abreviaturas e siglas

IoT	<i>Internet of things</i>
P2P	<i>peer-to-peer</i>
IC	<i>Integrated Circuit</i>
MCUs	<i>Microcontrollers</i>
GPS	<i>Global Positioning System</i>
AoA	<i>Angle of Arrival</i>
ToA	<i>Time Difference of Arrival</i>
RSSI	<i>Received Signal Strength Indicator</i>
SU-MIMO	<i>Single User Multiple Input, Multiple Output</i>
MU-MIMO	<i>Multiple User Multiple Input, Multiple Output</i>
DFP	<i>Device Fingerprinting</i>
KNN	<i>K Nearest Neighbor</i>
AP	<i>Access Points</i>
SNMP	<i>Simple Network Management Protocol</i>
CoAP	<i>Constrained Application Protocol</i>
MQTT	<i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
LwM2M	<i>Lightweight M2M</i>
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>
CAA-PM	<i>Context-Aware Assisted WiFi Positioning Method</i>
mW	<i>miliwatts</i>
W	<i>Watts</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Contextualização	11
1.2	Objetivos	12
1.3	Metodologia	13
2	ENTRETENIMENTO VIA <i>WI-FI</i>	14
2.1	Tecnologia 1	14
2.2	Aplicação no entretenimento	15
2.3	Tecnologia 2	17
2.4	Métodos de localização	18
2.5	Algoritmos para localização	19
2.6	Tecnologia 3	21
2.7	Aplicações no entretenimento	22
3	ENTRETENIMENTO VIA <i>BLUETOOTH</i>	23
3.1	Tecnologia 1	23
3.2	Aplicação no entretenimento	25
3.3	Tecnologia 2	27
3.4	Tecnologia 3	27
3.5	Aplicações no entretenimento	28
4	ENTRETENIMENTO VIA IOT	30
5	COMPARAÇÃO ENTRE AS ABORDAGENS LISTADAS	37
5.1	Cobertura	37
5.2	Precisão	37
5.2.1	Métricas	38
5.3	Resiliência a erros e ruídos	38
5.4	Escalabilidade e autonomia	38
5.5	Custos de comunicação	38
5.6	<i>Network</i> e densidade dos nós	38
5.7	Comparações	39
5.8	Levantamento quantitativo dos artigos	43
5.8.1	Sites	43
5.8.2	Palavras-chaves	43
5.8.3	Quantidade de artigos por busca	43

5.8.4	Idioma	45
6	CONCLUSÃO	47
	REFERÊNCIAS	48

1 Introdução

1.1 Contextualização

O entretenimento faz parte da vida humana há séculos e foi se inovando conforme a sociedade mudava e a tecnologia surgia e avançava. A revolução industrial trouxe um impacto grande nessa área, pois a automatização de serviços fez com que a carga horária fosse reduzida e os trabalhadores passassem a ter mais tempo livre (CORIOLANO, 2020). Com isso, surgiu a necessidade de encontrar formas de se entreter e ocupar o tempo. Viagens, ler livros, ir ao teatro para assistir peças e musicais eram as maneiras de lazer disponíveis na época.

Pouco tempo depois, no final do século XIX e no começo do século XX, surgiram novas mídias: o rádio e a televisão. Elas trouxeram uma inovação enorme para a forma de consumo de informação e de entretenimento, especialmente a televisão, pois ela encantou milhares de telespectadores que agora podiam assistir novelas, séries, videocliques e propagandas no conforto de suas casas (ABREU; SILVA, 2011).

Logo depois, os computadores começaram a aparecer e com eles os jogos eletrônicos foram surgindo. Um dos primeiros foi o Guerra no Espaço e Pong (BARBOZA; SILVA, 2014), jogos considerados simples para os padrões atuais. Os fliperamas também adotaram essa novidade eletrônica e ajudaram na popularização dos jogos, especialmente entre os mais jovens.

Posteriormente veio a *Internet* e com ela as formas tradicionais de entretenimento foram se adaptando e novas foram surgindo. O mundo *on-line* trouxe mudanças na comunicação também. Redes sociais entram no cotidiano das pessoas e passaram a ser a nova distração. A chamada *Web 2.0* trouxe novos recursos para os usuários se comunicarem, seja entre si ou com sistemas (RUFINO; TABOSA; NUNES, 2010).

O surgimento dos *smartphones* também formentou ainda mais o uso dessas mídias. Com a possibilidade de se conectar com a *Internet* através de uma rede sem fio, utilizando o *Wi-Fi*, as pessoas não precisavam mais esperar para usar um computador para conseguir mandar um e-mail ou acessar um blog. Tudo poderia ser feito de onde o usuário estivesse, bastando estar conectado a uma rede *Wi-Fi*.

Usar a tecnologia para conectar as pessoas se tornou um tópico relevante, uma vez que se procurava e ainda se procura cada vez mais tornar o mundo globalizado. Esse é um desafio que todos os países enfrentam desde a popularização dos computadores pessoais e dos celulares; alguns deles com mais dificuldades do que outros. Segundo a ONU no relatório sobre os dados da *Internet* universal e acessível publicado em 2018 (ITU, 2018),

os 47 países classificados como menos desenvolvidos já possuem serviços de dados móveis e de telefonia de terceira geração (3G).

Apesar da democratização da *Internet* ser um processo demorado, ele nunca foi um empecilho na criação de novos produtos. Somente entre os anos de 2009 e 2019, houve grandes mudanças na navegação de GPS (*Global Positioning System* ou Sistema de Posicionamento Global), surgimento de novas redes sociais e serviços *streams* (AUTRAN, 2019). Fora o surgimento de novos dispositivos, como fones sem fios, carregadores *wireless* e os famosos assistentes digitais. Todas as novidades tecnológicas estão conectando, não somente pessoas com pessoas, mas pessoas com máquinas e máquinas com máquinas. A discussão sobre a conexão entre dispositivos já era percebida no início da tecnologia da informação. Em 1999, Kevin Ashton utilizou pela primeira vez o termo *Internet* das coisas (*Internet of Things* - IoT) em uma apresentação (LOPEZ RESEARCH, 2013) e esse termo vem ganhando cada vez mais destaque, abrindo discussões importantes sobre *web* 3.0 (MAGRANI, 2009).

Coletar informações sobre cada usuário se tornou algo fácil e importante para a indústria do entretenimento, pois assim pôde-se criar novas formas para melhorar a experiência do usuário, a qual pode ser usada como uma diferenciação para as empresas. Buscar essas mudanças e torná-las reais é essencial para fazer com que atividades, como assistir a um filme ou ir em um show, sejam momentos únicos para o público. Para tal, é necessário conhecer e entender o que o mercado já dispõe atualmente. Esse projeto de conclusão de curso é um estudo bibliográfico com o objetivo de investigar e caracterizar as diferentes tecnologias em uso nos dias atuais na área do entretenimento. Espera-se, então, um estudo quantitativo, pelo menos, dos artigos: quantidade de artigos e língua predominante. Também visa permitir ao leitor uma visão geral, uma prospecção de mercado, que poderá ajudá-lo na tomada de decisão sobre quais tecnologias usar em iniciativas de desenvolvimento de produtos para esse ramo. Além disso, esse trabalho tem como meta ao realizar este diagnóstico do cenário atual, permitir uma visão mais clara dos nichos menos atacados pelo mercado, potenciais para novos produtos.

1.2 Objetivos

O objetivo geral desse trabalho de conclusão de curso é realizar um amplo estudo e levantamento de soluções disponíveis atualmente, sejam em produtos no mercado, sejam em estudos presentes apenas na literatura, criando um mapeamento que poderá ajudar em decisões sobre novos cenários de pesquisa e/ou produtos a serem desenvolvidos. Como também, levantar informações dos artigos a respeito de quantidade e língua predominante. Os objetivos específicos são:

- Investigar soluções para a comunicação sem fio via *Wi-Fi* utilizados no entreteni-

mento;

- Investigar soluções para a comunicação sem fio via *Bluetooth* para o entretenimento;
- Investigar soluções para a comunicação sem fio via IoT existentes para o entretenimento;
- Comparar as tecnologias encontradas;
- Levantar quantidade de artigos;
- Levantar língua predominante.

1.3 Metodologia

Para o desenvolvimento desse projeto, primeiramente o tema foi definido através da necessidade de levantar as ferramentas existentes no mercado do entretenimento, as quais utilizam *Wi-Fi*, *Bluetooth* ou IoT . Após isso, houve o levantamento de bibliografias, tecnologias utilizadas no mercado e existentes na literatura. Por fim, tabelas comparando essas soluções foram criadas usando métricas propostas nas bibliografias lidas.

2 Entretenimento via *Wi-Fi*

2.1 Tecnologia 1

O *Wi-Fi* surgiu no final da década de 1990 trazendo uma nova forma de conexão à *Internet*: sem fio. Não era mais obrigatório que os dispositivos estivessem ligados a um cabo de rede para poder enviar e receber dados da *Internet*. Através de ondas de rádio de frequências de 2.4GHz ou 5GHz, os roteadores transmitiam um sinal para os dispositivos se conectarem, receberem e/ou enviarem dados. Hoje, a comunicação entre eles é feita através do protocolo 802.11, o qual possui 4 variações: a, b, g e n. Eles variam com relação a custo, velocidade e alcance (CIPOLI, 2020).

Com a popularização do *Wi-Fi*, novos dispositivos eletrônicos foram aparecendo no mercado e alguns que já existiam foram se adaptando para aceitar a nova tecnologia. Um exemplo deles é o *smartphone*, um aparelho portátil que se conecta à rede *Wi-Fi* e a redes móveis e possibilita que o usuário execute várias atividades através de aplicativos. O mundo real foi sendo incorporado no digital através de aplicações como redes sociais, plataformas de *stream* e jogos cada vez mais interativos.

No artigo “Cibercultura e infraestrutura de redes sem fio no Brasil”, publicado em 2006, relata-se que a época *Wi-Fi* ainda estava começando a se popularizar e que a maior parte das conexões aconteciam em locais públicos (LEMONS; VALENTIM, 2006). Essa realidade foi mudando ao longo dos anos. Em dados publicados em abril de 2021, o IBGE informou que 82,7% das casas brasileiras possuem algum acesso à *Internet* e que o telefone celular é o dispositivo mais utilizado (IBGE, 2021).

Na Figura 1, disponibilizada pelo IBGE, nota-se que a maior concentração de pessoas com acesso a *Internet* em suas casas é na área urbana. Mas também é visível que em quase todas as regiões brasileiras há *Internet* em mais de 60% das casas na zona rural e, segundo dados do instituto brasileiro de geografia e estatística, o principal motivo pelo qual as pessoas que moram na zona rural não acessarem a *Internet* é a indisponibilidade do serviço (IBGE, 2020).

Outro ponto importante é sobre o uso da *Internet* de acordo com a faixa etária. No comparativo entre os anos de 2018 e 2019 feito pelo IBGE, representado na Figura 2, é possível perceber que as faixas etárias as quais mais utilizam a *Internet* são as mais novas. Entretanto é notável um crescimento no percentual de usuários com 50 anos ou

¹ Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>

² Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>

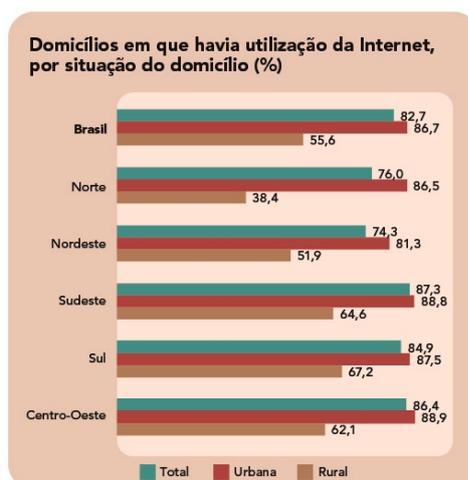


Figura 1 – Gráfico feito pelo IBGE sobre o uso de *Internet* na zona rural e urbana nas regiões brasileiras.

Fonte: Site IBGE EDUCA.¹

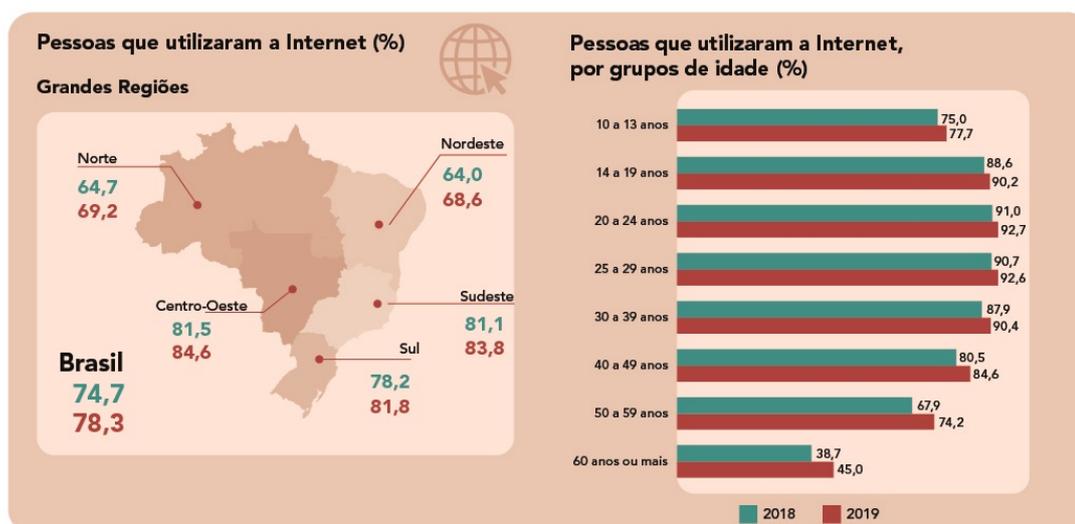


Figura 2 – Gráfico feito pelo IBGE comparando o uso de *Internet* em 2018 e 2019 baseado em faixas etárias.

Fonte: Site IBGE EDUCA.²

mais.

2.2 Aplicação no entretenimento

Como essa tecnologia se tornou cada vez mais presente no cotidiano das pessoas, novas formas de utilizá-la foram surgindo. Além da possibilidade de usá-la para se conectar à *Internet* e comunicar com pessoas que estão as milhares de quilômetros de distância, é possível usá-la para conectar dispositivos entre si. E foi isso que a *Wi-Fi Alliance* fez em 2015. O *Wi-Fi Aware*, também conhecido como *Neighbor Awareness Networking* (NAN),

surgiu com a proposta de permitir “que diferentes dispositivos consigam se localizar e se comunicar entre si” sem precisar de *Internet* ou dados móveis (JESUS, 2015).

Essa comunicação entre dispositivos é feita pelo protocolo IEEE 802.11mc, o qual é orientado para manter os mesmos padrões que o IEEE 802.11. Algumas *features* foram introduzidas através dele, sendo uma delas o *Wi-Fi Round Trip Time* (RTT). Essa *feature* permite que os dispositivos do tipo *Access Points* ou *Wi-Fi Aware* calculem a distância entre os roteadores e determinem sua localização dentro de um espaço fechado (PROJECT, 2021b). Inclusive, uma das exigências do *Wi-Fi Aware*, para os que desejam utilizar a *feature* que calcula o alcance entre dispositivos, é que eles suportem também o RTT. O *Wi-Fi Aware* foi introduzido no Android 8.0 e a *feature* de alcance foi implementada no Android 9.0 (PROJECT, 2021a).

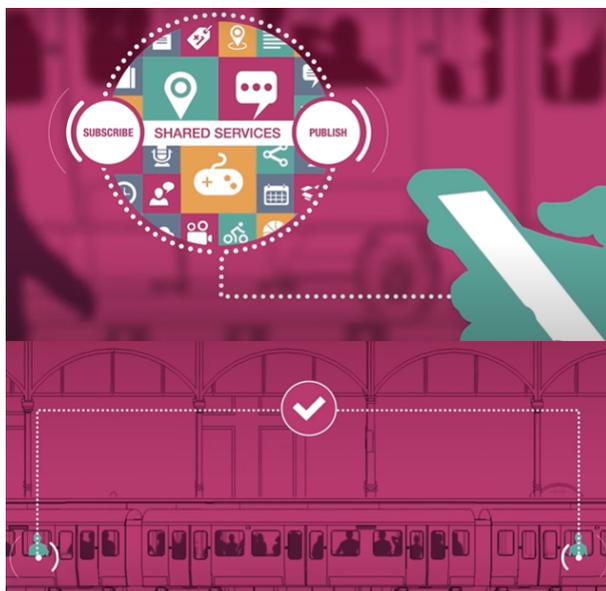


Figura 3 – Colagem de dois frames retirados do vídeo “*Wi-Fi Aware™: Discover the world nearby (English)*”.

Fonte: Vídeo *Wi-Fi Aware™: Discover the world nearby (English)*, 2015.³

O *Wi-fi Aware* possui três modos: publicação, inscrição e dual. Na Figura 3 há representação ilustrativa das opções dos dois primeiros modos. No modo publicação, o usuário permite que alguns de seus dados, como fotos ou perfil, sejam transmitidos para outros usuários, ou seja, esse usuário se torna um transmissor de dados. Já o modo de inscrição atua de forma contrária, ele recebe as informações que outros estão enviando. Por fim, o modo dual possibilita o usuário a atuar tanto como publicador quanto inscrito (GRID, 2017).

Pensando no mundo do entretenimento, o *Wi-Fi Aware* poderia ser usado em eventos, exposições e feiras culturais, onde o usuário poderia escolher quais assuntos ele

³ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xwSYPqghTsQ>

⁴ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xwSYPqghTsQ>

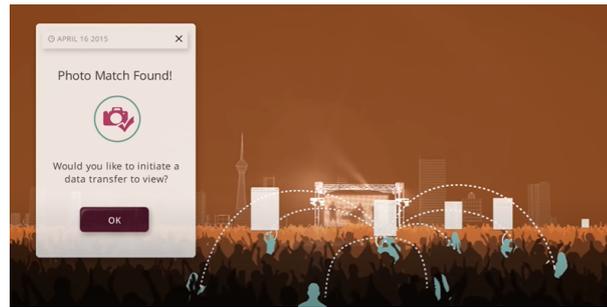


Figura 4 – Exemplo de uso do *Wi-Fi Aware* em shows. Frame retirado do vídeo “*Wi-Fi AwareTM: Discover the world nearby (English)*”.

Fonte: Vídeo *Wi-Fi AwareTM: Discover the world nearby (English)*, 2015.⁴

tem interesse ou locais que ele quer visitar e conforme ele fosse percorrendo o local, o *smartphone* poderia comunicar o usuário de que está próximo de um ponto atrativo, como mostra a Figura 4.

2.3 Tecnologia 2

O sistema MU-MIMO (*Multi-User - Multiple Input, Multiple Output*), o qual torna possível a conexão entre vários usuários no mesmo roteador sem prejudicar a recepção e envio de dados, pois ele reduz a latência e aumenta a capacidade da rede (GOGONI, 2019).

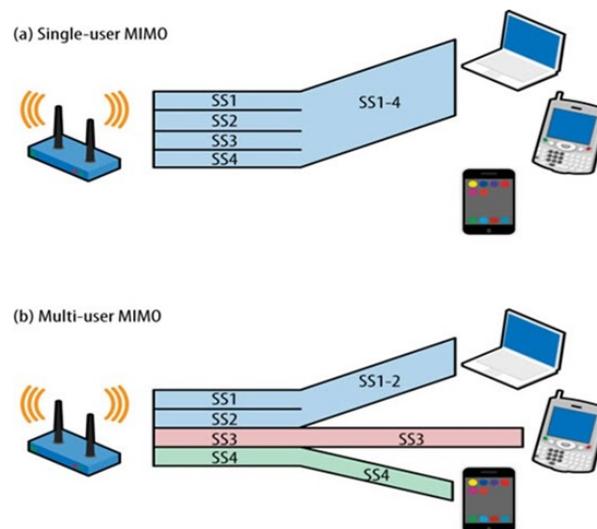


Figura 5 – Comparação entre o *single-user* MIMO e *multi-user* MIMO.

Fonte: Site Pplware, 2015.⁵

A Figura 5 demonstra a diferença entre um *single-user* MIMO e um *multi-user* MIMO em um sistema de *Wi-Fi* 6. SS1, SS2, SS3 e SS4 representam o fluxo de sinal, o

⁵ <https://pplware.sapo.pt/tutoriais/networking/mu-mimo-o-seu-router-ja-suporta-esta-tecnologia/>

stream, feito pelas antenas do transmissor, que nesse caso poderiam ser roteadores. No primeiro caso, o *Single-user* MIMO (SU-MIMO), todos os quatro fluxos são direcionados em conjunto e dedicados a somente um aparelho por vez, ou seja, ele vai transmitir todos os dados para o primeiro aparelho, depois para segundo e assim sucessivamente. Um benefício desse processo é que não ocorre interferência, já que é cada um dos aparelhos por vez, ou seja, ele garante a integridade dos dados que estão sendo transmitidos para o aparelho.

Já no MU-MIMO, o fluxo é dividido entre os aparelhos conectados na rede. Para cada um deles é destinado de um até três fluxos, dependendo do aparelho. Essa definição de fluxos depende da quantidade de antenas de *spatial stream* que estão presentes no aparelho. *Spatial stream* é um conjunto de dados enviado por uma transmissão de radiofrequência e recebido por um receptor de radiofrequência. Esse receptor pode reconstruir matematicamente essa transmissão recebida para obter os dados (HINTERSTEINER, 2021). Como essas antenas gastam energia, a quantidade presente em cada um dos dispositivos pode variar e isso gera uma limitação na quantidade de fluxos que eles podem receber ao mesmo tempo.

2.4 Métodos de localização

Um ponto importante quando se fala sobre conexões *wireless* é a localização dos dispositivos, pois a ligação entre eles pode ser afetada pela distância já que o sinal pode não alcançar toda área do local. Os algoritmos comumente utilizados para a localização interna de dispositivos conectados ao *Wi-Fi* incluem localização *finger-based* (método *fingerprinting*) e *range-based*.

O método *fingerprinting* tem como principal objetivo agrupar dados em grupos significativos, sendo indicado para reconhecimento de padrões (Di Natale; MARTINELLI, 2019). Para coletar esses dados e identificar o dispositivo é usado o *Device Fingerprinting* (DFP). Ele cria uma assinatura única para o dispositivo, a qual é uma identificação dele, como se fosse a impressão digital. O DFP faz o reconhecimento dos dispositivos através dos pacotes que eles enviam (ANEJA; ANEJA; ISLAM, 2018).

Como é possível verificar na Figura 6, as antenas AP-1, AP-2 e AP-3, as quais tem localizações fixas e são chamadas de *access points* (AP), estão enviando sinais para o usuário (o *user*). A força do sinal recebido (RSS) de cada uma dessas antenas é calculada pela antena do receptor, que no caso é o aparelho do usuário. Esse cálculo é feito usando a força do transmissor, a distância entre ele e o receptor e o ambiente da propagação (CHEN; YANG, 2012). O RSS capturado é enviado para o servidor de posição (*Positioning Server*)

⁶ Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Illustration-of-Wi-Fi-fingerprint-based-indoor-positioning-system_fig1_31020073

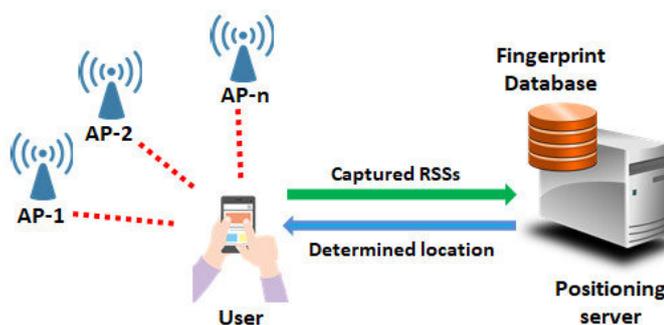


Figura 6 – Representação do método de localização por *fingerprinting*.

Fonte: Site ResearchGate, 2019.⁶

que possui uma base de dados *fingerprint* e com base nelas será possível definir a posição do aparelho.

O método de localização por *range-based* determina a distância entre o dispositivo que está enviando dados (nó âncora) e os que estão recebendo os dados (nós sensores). Esse cálculo é feito através do ângulo dos dispositivos ou a distância de um dispositivo a outro e assim é feita uma estimativa da localização usando diferentes métodos geométricos. No *range-based*, a posição do nó âncora precisa ser conhecida, pois é através dela que será feito os cálculos para encontrar as posições dos outros nós/ dispositivos. Para saber o local desse tipo de nó, pode-se usar GPS ou pré-programar a informação (SHAKSHUKI et al., 2019). Comparando-o com o método anterior, a localização baseada em *fingerprint* tem uma vantagem em relação ao *range-based*, pois não necessita saber a localização do ponto que está transmitindo o sinal. Desta forma, este método não tem restrições na hora de coletar dados (FENG et al., 2021).

2.5 Algoritmos para localização

Um ponto importante é citado no artigo (FENG et al., 2021), o básico de posicionamento dos métodos tradicionais para a localização interna é o RSS, já que com ele é possível obter a distância do nó sensor para o nó âncora, como explicado anteriormente. Porém o sinal pode sofrer interferências na propagação e recebimento de acordo com o ambiente e obstáculos que nele existem (FENG et al., 2021), o que pode influenciar na localização exata dos pontos. Para resolver esse problema, existem algoritmos com a função de obter, da melhor forma possível, a localização desses pontos.

O algoritmo KNN é um deles (FIX; HODGES, 1989). Nesse método existem dois tipos de nós: nós vizinhos e o nó que não se sabe a localização. Como o próprio nome sugere, os nós vizinhos são os nós com posições conhecidas que estão em volta do nó desconhecido. A proposta desse método é se basear nos nós vizinhos para se estimar os

dados do nó desconhecido. Ou seja, para descobrir a posição desse nó, serão analisados os dados dos nós que estão ao redor dele que possuem a menor distância, e baseado nesses vizinhos irá se deduzir as informações do nó desconhecido. Ele é ideal para uma baixa quantidade de dados (LUZ, 2019), pois com um grande volume de dados, o processo se torna computacionalmente custoso.

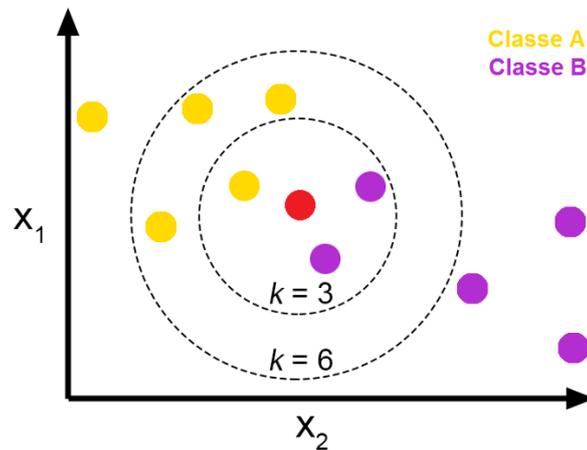


Figura 7 – Representação de um nó vermelho desconhecido e nós vizinhos.

Fonte: Site medium, artigo KNN (K-Nearest Neighbors) 1.⁷

Na Figura 7, os nós são definidos em duas classificações genéricas para efeito de exemplo: classe A, representada pela cor amarela, e classe B, representada pela cor roxa. Também é possível perceber dois k definidos: $k=6$ e $k=3$. Eles representam a quantidade de nós vizinhos escolhidos para analisar os dados do nó novo, representado em vermelho, o qual tem informações desconhecidas. Para definir a quantidade de cada um dos k , são selecionados vizinhos próximos do nó vermelho e para isso utiliza-se uma medida de distância que pode ser definida por distância Euclidiana, distância de Hamming, distância Manhattan ou distância de Markowski. Através da medida definida, chegou-se em 6 vizinhos, por isso $k=6$. Desses seis, foi feita uma análise de quais estavam ainda mais próximos do nó vermelho e, assim, foram selecionados os 3 com as menores distâncias, o $k=3$. Depois desse último passo realizado, é feita uma votação onde a maioria decide qual a classe a que o nó vermelho pertence. Como 2 dos 3 nós pertencem a classe B, ou seja, eles são maioria, é possível deduzir que o nó vermelho pertence a classe B.

Outro método que é o proposto no artigo já citado “*A Context-Aware Assisted WiFi Positioning Method*”, é o chamado *content-aware assisted WiFi positioning method* (CAA-PM). Ele é baseado no algoritmo KNN e tem como objetivo melhorar e otimizar o sinal da posição do algoritmo (FENG et al., 2021). A sua arquitetura é composta por duas fases: offline e online. Na fase offline, ele coleta informações RSS que estão ao redor do ponto local, chamado de *access point* e as pré-processa para retirar dados indesejados ou

⁷ Disponível em: <https://medium.com/brasil-ai/knn-k-nearest-neighbors-1-e140c82e9c4e>

anormais. Desta forma ele consegue montar uma base de dados com todas as informações necessárias para fazer uma boa análise.

Já na fase online, o algoritmo KNN é utilizado, mas com um acréscimo: variáveis de peso. O motivo disso é que o KNN só consegue calcular o centro dos primeiros K (primeiros pontos), o que pode gerar resultados com erros maiores. Para resolver esse problema, eles decidiram colocar peso nos pontos encontrados para evitar resultados errôneos.

2.6 Tecnologia 3

Esses métodos e algoritmos são úteis para propostas mais complexas, onde não há um local fixo para os objetos ficarem e, assim, não tem o local exato deles. Porém nem sempre esses dispositivos precisam enviar e receber dados ao mesmo tempo. Em 2018, surgiu o projeto da *LiveTag*, uma etiqueta wireless sensível ao toque que permitir passar informações para o dispositivo conectado. Essa etiqueta usa finas *tags* metálicas como interface e foi projetada para trabalhar em conjunto com um transmissor *Wi-Fi* refletindo sinais na frequência 2.4/5 GHz (GAO; LI; ZHANG, 2018).

A Figura 8 demonstra o funcionamento da *tag*. Para tal são utilizados três dispositivos físicos: as *tags*, um transmissor *Wi-Fi* e um receptor *Wi-Fi*. Esse último pode ser um *smartphone*, por exemplo. As *tags* funcionam como refletores do transmissor *Wi-Fi* e a função delas é modular e refletir o espectro da frequência do sinal do *Wi-Fi*. As partes metálicas são projetadas para criar respostas na mesma frequência que o *Wi-Fi*, porém com amplitudes únicas. E quando ocorre o toque em qualquer parte da *tag*, a resposta de frequência muda de acordo com o local onde aconteceu o toque e isso é possível por causa das antenas *beamforming*⁸ personalizadas que estão presentes na *tag*. Elas possibilitam a identificação das *tags* pelos receptores de *Wi-Fi* e também a diferenciação dos eventos de toque (GAO; LI; ZHANG, 2018).

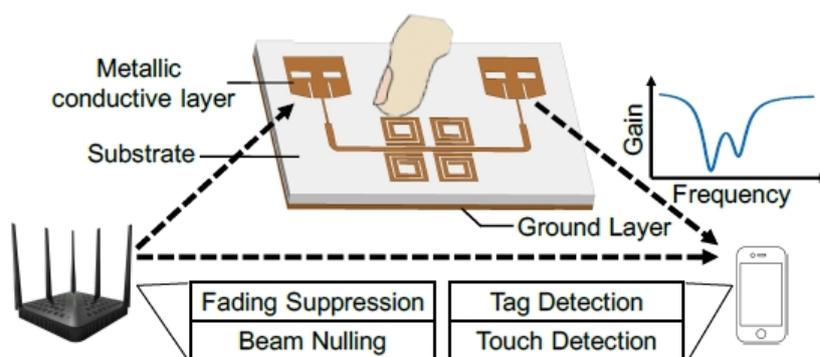


Figura 8 – Estrutura de funcionamento de uma *LiveTag*.

Fonte: Jackie Blog, *LiveTag Sensing Human-Object Interaction Through Passive Chipless WiFi Tags*.⁹

2.7 Aplicações no entretenimento

Como na área do entretenimento, a criatividade que rege as formas como as tecnologias existentes podem ser usadas, os métodos e projetos citados anteriormente, podem ser úteis em alguns tipos de eventos. O próprio vídeo da explicação de *Wi-fi Aware*¹⁰ já traz alguns exemplos de uso, como em shows ou para encontrar jogadores de jogos online que estão próximos um do outro. Ele também poderia ser utilizado em espaços como em praças de alimentação de *shopping center*, onde as pessoas poderiam ser avisadas de alguma promoção especial que um dos restaurantes está fazendo ou até mesmo ver o *feedback* dos pratos que os outros pediram.

Uma forma de utilizar os métodos de posicionamento seria um jogo de labirinto offline onde os jogadores recebem uma pulseira com sensores para serem localizados. Esses sensores ficariam responsáveis por marcar as posições em tempo real e transmitir essa informação para uma tela onde as pessoas podem assistir à partida e acompanhar o jogo. Mas nem toda forma de entretenimento precisa envolver várias pessoas e em algumas ocasiões (como a pandemia da COVID-19) isso nem era possível. A *LiveTag* pode servir para pequenos momentos de entretenimento em casa, como colocar música para tocar enquanto se exercita e conseguir controlar o volume, pausar, passar ou voltar para outra música, tudo através de um pequeno objeto que pode estar na manga da blusa.

⁹ Disponível em: <https://a416485164.github.io/2019/07/07/LiveTag-Sensing-Human-Object-Interaction-Through/>

⁹ *Beamforming* é uma tecnologia que está presente em roteadores *Wi-Fi* e direciona o sinal para um dispositivo fixo.

¹⁰ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xwSYPqqhTsQ>

3 Entretenimento via *Bluetooth*

3.1 Tecnologia 1

Bluetooth é uma tecnologia de baixo custo para conexão sem fio entre dispositivos (GAWAI et al., 2014) através de ondas de radiofrequência na faixa dos 2.4GHz. A frequência utilizada não é regulamentada pelos órgãos competentes, ou seja, pode ser usada livremente e possui o nome de ISM (Industrial, Científica e Médica). O lado negativo dela é a enorme quantidade de ruído, termo definido como a “existência de muitas amplitudes e frequências ocorrendo ao mesmo tempo de maneira não harmônica” (CALLIXTO, 2019). Esse problema é resolvido com uma técnica que divide a banda em canais independentes. Desta forma, sinais externos não causam grandes efeitos e ela torna a transmissão de dados mais forte (STEIN, 2003c).

Ela é ideal para pequenos aparelhos, como *smartphones*, *tablets*, câmeras, *smartwatch*, etc.; e para conexões a curta distância, a qual pode variar entre 5 metros e 100 metros, dependendo da classe do *Bluetooth* que está sendo utilizada (BERGHER, 2019). Existem 4 classes e elas são classificadas de acordo com o alcance e com a potência máxima de consumo. A mais usada nos dispositivos atuais é a 2, onde o alcance é de até 10 metros e a potência máxima de consumo é 2,5 mW (BERGHER, 2019). Porém, caso seja necessária uma cobertura maior, a classe 1 oferece uma distância de até 100 metros. Esse tipo de *Bluetooth* é mais comum na área industrial, enquanto que a classe 2 e 3 são mais presentes nos aparelhos usados no dia a dia.

Bluetooth também possui diferentes versões. Elas se diferem com relação a velocidade, consumo de energia e alcance (NGUYEN, 2018). As versões de 1 a 3 são consideradas as clássicas e uma das características marcante delas é alta quantidade de energia consumida. Esse problema foi resolvido com o *Bluetooth* 4.0, que trouxe uma nova categoria, a *Bluetooth Low Energy* (BLE). A versão mais recente, a 5.0, também possui essa característica de baixo consumo de energia e melhorou dois pontos que a 4.0 falhava: o alcance e a velocidade. Ele oferece 4 taxas de dados que podem servir para diferentes tipos de utilização, sendo elas de 2Mbps, 1Mbps, 500kbps e 125kbps.

Essa tecnologia não utiliza somente um protocolo, mas sete e cada um deles trabalha em uma parte da configuração do *Bluetooth* (PARIKH, 2021a). Eles são responsáveis por tarefas específicas e são divididos em quatro classes diferentes, como demonstra a Figura 9: protocolos *Bluetooth core*, protocolo de controle de telefonia (*telephony con-*

¹ Disponível em: <https://www.engineersgarage.com/bluetooth-protocol-part-2-types-data-exchange-security/>

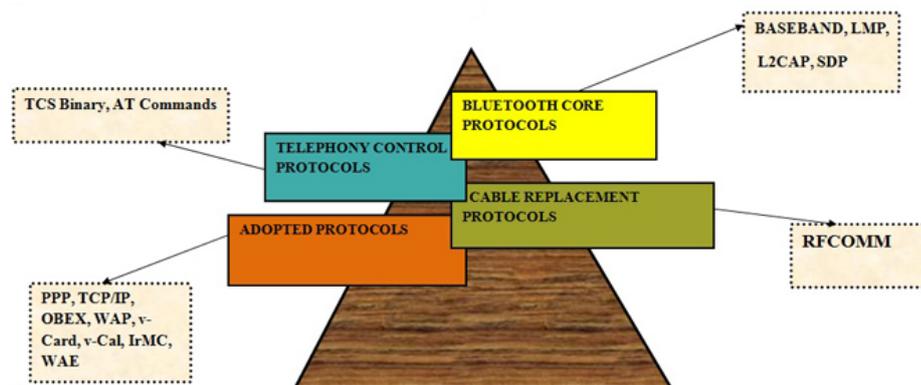


Figura 9 – Diagrama explicando os protocolos *Bluetooth*.

Fonte: Engineers Garage, 2021.¹

trol protocol), protocolo de substituição de cabo (*cable replacement protocol*) e protocolos *adopted* (PARIKH, 2021b).

Nos protocolos *Bluetooth core* estão inclusos a banda base (*Baseband*), protocolo de gerenciamento de link (*Link Manager Protocol* ou LMP), protocolo de controle lógico de link e adaptação (*Logical Link Control and Adaptation Protocol* ou L2CAP) e o protocolo de descoberta de serviços (*Service Discovery Protocol* ou SDP). A banda base permite o link da onda de frequência entre dois ou mais dispositivos *Bluetooth* na forma de *Piconet*, a qual é o nome da rede criada para realizar a conexão desses tipos de aparelhos. O LMP é o responsável pela segurança na conexão, como autenticação e criptografia. Já a camada L2CAP é responsável pela segmentação e remontagem dos pacotes como também da qualidade da comunicação. E por último a SDP é a responsável pela disponibilização das informações dos dispositivos (PARIKH, 2021b).

Para a opção de protocolo de substituição de cabo é utilizado outro protocolo chamado RFCOMM. Ele funciona como uma *serial port* virtual e faz o transporte de *bits* de dados digitais binários (WORLD, c2012). Uma de suas características é prover *stream* de dados de forma confiável e múltiplas conexões. Os protocolos *adopted* representam protocolos de (Internet), *Point-to-Point Protocol* (PPP), TCP/IP, v-Card (protocolo para troca de informações de negócios); de comunicação, OBEX, WAP; inclusive representam controladores de gestão remota, como IrMC, e até camada de aplicação, WAE (PARIKH, 2021b).

O protocolo de controle de telefonia por sua vez utiliza o protocolo *TCS Binary* para definir a chamada de sinalização de controle e estabelecer a comunicação entre os dispositivos. O comando dos procedimentos de gerenciamento de mobilidade do dispositivo também é feito por esse protocolo (MPIRICAL, c2021). Ele utiliza *AT commands*, que são linhas de comando que começam com o termo 'AT' e servem para controlar um *modem*.

A Figura 10 traz uma representação gráfica da ordenação dos protocolos e camadas do *bluetooth*. O funcionamento do software envolve os protocolos citados acima como também o Jini, o qual é um protocolo para descoberta, normalmente usados em conjunto com SDP (PARIKH, 2021b). Já na parte de *hardware*, tem o ACL, sigla para Enlace sem Conexão Assíncrono, o qual é um protocolo de comunicação que cria o meio de comunicação entre os aparelhos e garante a integridade dos dados (STEIN, 2003b). Já o SCO, acrônimo para Enlace Síncrono Orientado a conexão, cria uma conexão ponto-a-ponto, ou seja, só há comunicação entre dois dispositivos: um que está enviando o dado e o outro que está recebendo.

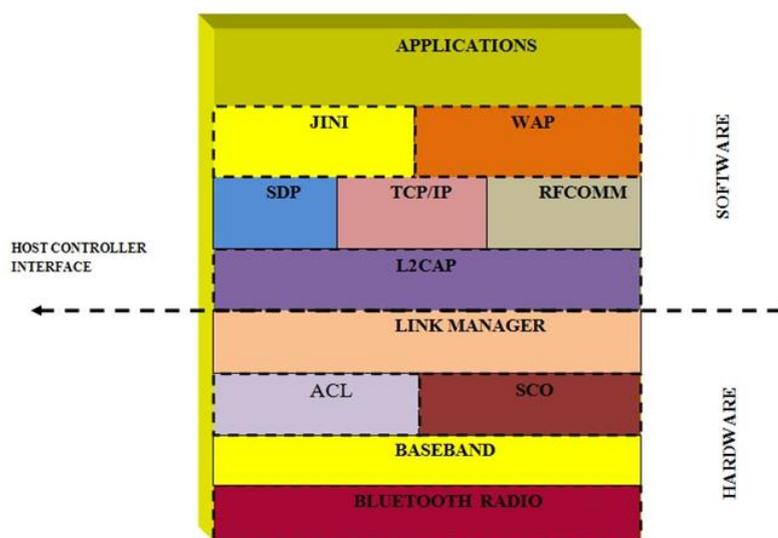


Figura 10 – Camadas com os protocolos *Bluetooth*.

Fonte: Engineers Garage, 2021.²

A camada *baseband* é a encarregada de controlar os canais físicos e lógicos e de alguns serviços, como encontrar e corrigir erros. Ela atua como controlador de enlace *bluetooth* (STEIN, 2003a). A camada *bluetooth radio* é relacionada a frequência do *bluetooth*, como explicado no começo do capítulo. E por último, o *link manager* é uma função que faz o *setup*, controle e a comunicação entre os dispositivos. Ele utiliza os protocolos ACL e/ou SCO.

3.2 Aplicação no entretenimento

No mundo do entretenimento, essa tecnologia tem a sua utilização. Em 2018, durante a turnê *Love Yourself Tour* do grupo BTS, para criar uma forma de unir o público com os cantores, os fãs utilizaram um dispositivo chamado *ARMY BOMB*, que

² Disponível em: <https://www.engineersgarage.com/bluetooth-protocol-part-2-types-data-exchange-security/>

é um *lightstick*. Esse objeto é um bastão com *led* e pode variar em formato e cores. A Figura 11 é uma montagem com duas fotos desse item, uma com ele desligado e outra com ele ligado.



Figura 11 – À esquerda, *ARMY BOMB* versão 3 desligada. Na direita, ligada.

Fonte: Elaborada pela autora.

A utilizada nos shows da banda foi a versão 3 e os fãs tinham que conectar ela no aplicativo *BTS Official Lightstick* através do *Bluetooth* e nele colocar as informações do seu ingresso, tais como o número da caldeira, fileira e setor. Esses dados poderiam ser colocados manualmente ou escaneando o código barra ou *qr code* do ingresso (BTS..., 2018). Durante o show, as cores do led do objeto mudavam e modos de luz variavam de acordo com as músicas apresentadas e esses comandos tinham origem na central de controle.



Figura 12 – Frame retirados do documentário “*K-Pop Evolution*”, episódio 3.

Fonte: Documentário *K-Pop Evolution*, 2021.³

³ Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=i00k43IQekk>

A Figura 12 é um exemplo de uma central de controle responsável pela alteração das cores dos *lightsticks* presentes em uma casa de show ou estádio. No documentário, o gerente de controlador de *fanlight* (outro nome para *lightstick*), informa que assim que os objetos são pareados aos seus respectivos assentos, eles conseguem controlá-los através dos programas específicos e assim mudar as cores, modos, ligarem e desligarem os itens.

3.3 Tecnologia 2

Na dissertação (LOPES, 2018) é apresentada uma ideia semelhante, onde se propõe uma ideia para as pessoas, que estão em festas, interagirem com o controle de uma parte da iluminação do local através de aplicativo para *smartphones*. Para o desenvolvimento do projeto foi utilizado o *Bluetooth* 4.0 para a detecção das luzes e comunicação entre o ponto luminoso e o usuário. Foram usadas luzes de *LED* com controladores WS2812B, os quais combinam *LED* RGB com um controlador programável. O módulo *Bluetooth BLE* HM-10 em conjunto com o *Arduino* possibilita a conexão tanto com aparelhos do sistema Android quanto do iOS e ele pode ser configurado para atuar aceitando conexão de outros dispositivos ou se conectado a eles (KENSHIMA, 2020).

No projeto, com uso desse módulo foi possível aderir a tecnologia *iBeacon*. Ela foi desenvolvida pela *Apple* e é um pequeno aparelho que atua, primeiramente, como um sistema de localização. Ele envia periodicamente pacotes com um ID e força do sinal. Com essas informações é possível calcular a distância entre ele e um *smartphone*. Assim que um dispositivo entrar nas proximidades do *iBeacon*, ele será notificado e o usuário poderá escolher o ponto luminoso correto na aplicação desenvolvida.

3.4 Tecnologia 3

Outro ponto importante para ressaltar sobre a tecnologia *Bluetooth* é a topologia. É possível utilizar dois tipos de conexão: ponto-a-ponto (*peer-to-peer*) e ponto-a-multiponto (*point-to-multipoint*) (ATOJI, 2010). A conexão ponto-a-ponto (P2P) possibilita que cada um dos nós (dispositivos) opere como servidor e cliente ao mesmo tempo, ou seja, não precisa ter um nó definido como servidor. E no caso da ponto-a-multiponto, existe um ponto central onde todos os outros nós estão conectados e são controlados. Essas conexões abrem a possibilidade de usos diferenciados para aplicações do *Bluetooth*, pois, no caso do P2P, é possível ter vários dispositivos que compartilham de um mesmo canal de comunicação e ter um dispositivo que será igual aos outros, mas que atuará como mestre e irá mandar comandos (ATOJI, 2010).

⁴ Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bluetooth_network_topology.png

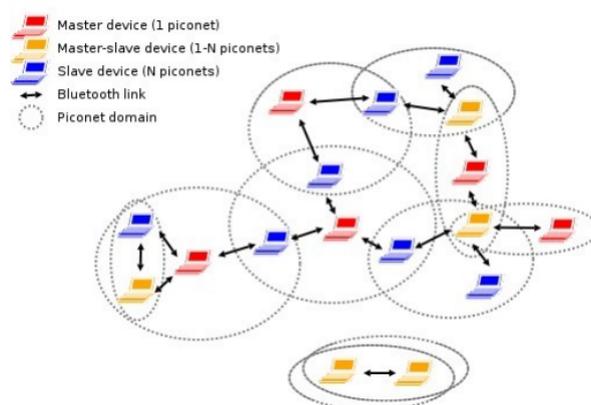


Figura 13 – Exemplo de uma topologia *scatternet*

Fonte: Wikimedia Commons Garage, 2021.⁴

A Figura 13 é um exemplo da topologia *scatternet*. Ela é a junção de várias *piconets*, que é uma topologia onde há um dispositivo mestre e até 7 dispositivos escravos na mesma conexão. Na topologia *scatternet*, um *piconet* mestre pode ser escravo de um dispositivo mestre *scatternet* (ATOJI, 2010).

3.5 Aplicações no entretenimento

O projeto TunA⁵, criado em 2004, é um exemplo do uso de *peer-to-peer*. A proposta original do TunA é compartilhamento de música entre os usuários através de uma conexão ponto-a-ponto usando o protocolo *Wi-Fi* (BASSOLI et al., 2004). Desta forma um grupo de pessoas que estão próximas umas das outras podem ouvir a mesma música em conjunto e compartilhar playlists também. Porém em 2006 foi projetado o BluetunA, uma extensão do TunA que invés de utilizar o protocolo *Wi-Fi*, utiliza *Bluetooth* para fazer a conexão. Nessa extensão eles trouxeram algumas novidades, como visualizar músicas nas *playlists* de outras pessoas, verificar quantas pessoas estão conectadas a uma *playlist*, entre outros (BASSOLI; BAUMANN, 2006).

Um uso que essa tecnologia está ganhando nos últimos anos é o chamado *Bluetooth Marketing/Advertising*, onde é possível passar informações, panfletos digitais, cupons de descontos, entre outros, de um determinado estabelecimento assim que o cliente entra no local (ANDRADE; MEDEIROS, 2013). Todos esses dados são transmitidos por um *BLE beacons*⁶, um transmissor de sinal *Bluetooth*, e o sinais são captados por dispositivos que tem, pelo menos, o *Bluetooth low energy* e as informações são mostradas na tela do aparelho como uma notificação.

⁵ Disponível em: <https://web.media.mit.edu/~stefan/hc/projects/tuna/>

⁶ Disponível em: <https://www.beaconstac.com/what-is-a-bluetooth-beacon>

⁷ Disponível em: <https://www.beaconstac.com/bluetooth-marketing>

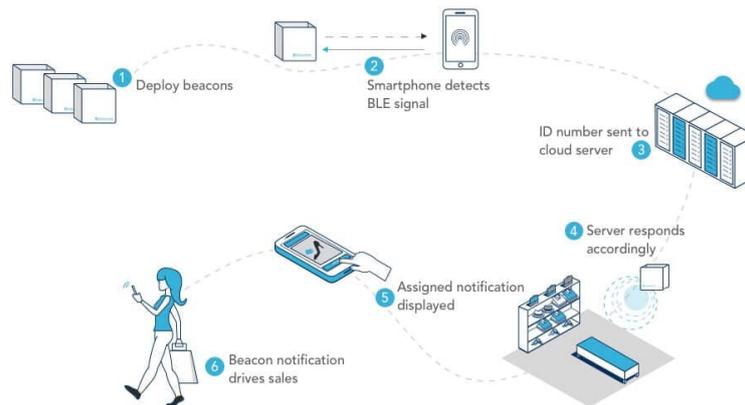


Figura 14 – Exemplo de funcionamento do *Bluetooth Marketing/Advertising*

Fonte: site da empresa *beaconstac*.⁷

Na Figura 14, o caso de uso é de uma pessoa que entra em um estabelecimento que utiliza *Bluetooth Marketing/Advertising* e ao se aproximar de uma área, o *smartphone* recebe o sinal de um transmissor *Bluetooth* e exibe a mensagem, formulário ou *url* que a loja deseja. Assim que a pessoa se distancia da área de alcance do transmissor, a notificação desaparece. Teria um uso interessante em eventos grandes, como os de jogos e literários, onde, por exemplo, poderia ser passado o mapa do local para as pessoas assim que elas entrassem no espaço do evento.

4 Entretenimento via IoT

A *internet* das coisas ou IoT, termo criado por Kevin Ashton (ASHTON et al., 2009), é um novo paradigma que combina aspectos e tecnologias originadas de diferentes abordagens (BORGIA, 2014). Sensores, protocolos de *Internet, gateways*, servidores, são exemplos das tecnologias que podem ser usadas como objetos IoT para se obter dados e transmiti-los para outros objetos, ocorrendo assim a comunicação entre eles sem a interferência humana. E conectar os aparelhos tornou-se necessário para facilitar as atividades diárias. Coisas básicas, como atender o interfone ou ligar o ar condicionado do quarto, ganharam novas maneiras de serem feitas.

Os protocolos IoT são usados como uma padronização da comunicação entre os dispositivos, pois assim tanto objetos iguais quanto diferentes se conectam e a transmissão de dados ocorre sem fragmentação (AVSYSTEM, 2019a). A Figura 15 traz o nome de quatro dos vários protocolos usados na *internet* das coisas: SNMP (*Simple Network Management Protocol*), CoAP (*Constrained Application Protocol*), MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*) e LwM2M (*Lightweight M2M*).

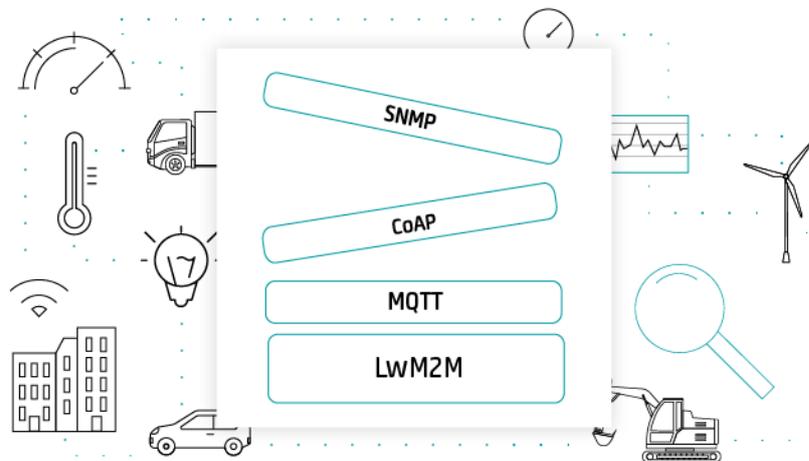


Figura 15 – Quatro protocolos IoT.

Fonte: AVSystem.¹

O protocolo SNMP é o responsável pelas informações de gerenciamento entre os dispositivos. Ele que informa quais aparelhos estão ativos e fornece estatísticas sobre vazão, taxa de erros, uso, entre outros. Essas informações são importantes na hora de tomar decisões e fazer planejamentos. Uma característica importante desse protocolo é que ele não é orientado à conexão, ou seja, não necessita de ação antes ou após o envio de mensagens. Isso tem o seu lado positivo, pois quem envia o dado não precisa de quem

¹ Disponível em: <https://www.avsystem.com/blog/iot-protocols-and-standards/>

recebe para poder funcionar. Mas olhando para o lado negativo, não há garantia de entrega da informação (ROCHA, 2017).

O CoAP é um protocolo de transferência *web* criado para dispositivos pequenos, como sensores, poderem utilizar a *internet*. Esses tipos de dispositivos têm como características o baixo consumo de energia e a infraestrutura da *internet* demanda um alto consumo de energia, por isso esse protocolo surgiu. Ele utiliza o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) para garantir a segurança na comunicação entre os dispositivos. E um ponto positivo dele é que tem suporte para mecanismos de descoberta de recursos (AVSYSTEM, 2019a). Esses mecanismos são responsáveis por buscar informações em outros nós e eles são importantes na computação ubíqua, a qual tem como característica a comunicação com outros objetos no mesmo ambiente para a realização de tarefas (DREY, 2015).

O MQTT é um dos mais adotados e utilizados por aparelhos IoT. Ele é um protocolo de mensagem do tipo publicação/ inscrição criado com uma arquitetura simples e leve, ideal para objetos com baixo consumo de energia. Ele foi baseado no modelo *subscriber, publisher and broker*, onde o *subscriber* atua colecionando dados e enviando informações para os inscritos através do *broker*, que é uma camada de mediação responsável por assegurar a segurança do envio dos dados (AVSYSTEM, 2019a).

O LwM2M é um protocolo de comunicação de baixo consumo de energia projetado especificamente para gerenciamento de dispositivos remotos. Como é um protocolo compacto, ele funciona muito bem em dispositivos como sensores e rede de telefonia celular, as quais tendem a ser mais instáveis e exigem baixo consumo de energia. É considerada a melhor solução para grandes implantações que envolvem serviços IoT *cross-platform* (AVSYSTEM, 2019b), pois ele é leve e compacto, ou seja, não demanda um alto consumo de energia e esse é um ponto muito importante para serviços IoT.

Outras tecnologias importantes para dispositivos IoT são o *wi-fi* e *bluetooth*, já explicados nos capítulos anteriores, como também o *ZigBee*. Ele foi desenvolvido para a comunicação entre vários nós, monitoramento de dispositivos, entre outros. Também serviu para ser um padrão para autoconfiguração e para redes de curto alcance (AVSYSTEM, 2019a). Existem outros protocolos que ainda são utilizados em alguns dispositivos, porém por causa de alguns pontos negativos referentes a qualidade do serviço ou ao alto consumo de memória e energia, eles estão perdendo espaço na indústria e sendo substituídos pelos protocolos citados anteriormente.

Essas inovações trouxeram oportunidade de integrar mais os usuários nas formas de entretenimento existente, assim começaram a surgir novas ideias de como fazer essa unificação. Uma delas foi o uso de sensores infravermelhos. Esses tipos de sensores funcionam com um circuito transmissor e um receptor, onde o transmissor emite o raio infravermelho e assim que algo ou alguém passa por ele, o raio é refletido e captado pelo receptor. Ele

funciona bem para calcular a distância e captar movimentos (THOMSEN, 2015).

Essa tecnologia começou a ser utilizada em alguns consoles de jogos, sendo um dos mais famosos o *Xbox 360 Kinect*, o qual tem um projetor de raios infravermelhos que trabalha em conjunto com uma câmera de raios infravermelhos para detectar a movimentação do usuário (ZHANG, 2012a). A Figura 16a mostra o *Xbox 360 Kinect* e a Figura 16b demonstra onde fica o projetor e a câmera de raios vermelhos citados anteriormente. Esse projetor emite os raios infravermelhos (IR) que passam por uma rede difração e criam um conjunto de pontos, os quais são identificados pela câmera de IR. A Figura 16 também demonstra onde fica a câmera RGB, a qual é usada para determinar as coordenadas 3D dos pontos identificados pela câmera de IR e passar uma posição exata de onde o usuário está (ZHANG, 2012b).



Figura 16 – (a) é uma imagem do *Xbox 360 Kinect* e (b) é uma representação da localização da câmera RGB, câmera de raios infravermelhos e do projetor de raios infravermelhos.

Fonte: artigo *Microsoft Kinect Sensor and Its Effect*.²

Através do trabalho em conjunto dessas partes, jogos como o *Just Dance* passaram a existir. Esse tipo de jogo consiste no usuário se movimentar de acordo com as instruções passadas e a sua pontuação é feita de acordo com o quão preciso são os seus movimentos. As câmeras de IR e RGB são as responsáveis pela captação das mudanças corporais para que o sistema possa identificar se o usuário está acertando os passos da dança.

² Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=arnumber=6190806>

Essa mesma tecnologia foi utilizada em 2015, durante a turnê intitulada '1989' da cantora Taylor Swift. Os fãs receberam pulseiras de led que eram controladas de acordo com a música apresentada (MARTINELLI, 2015). Esse acessório tinha receptores infravermelhos, os quais recebiam o sinal de uma central de controle presente na arena do show, decodificava-o e gerava um comando de luz para a pulseira. Elas mudavam de cor e o modo de luz também era alterado.



Figura 17 – Pulseiras *Xylobands* ligadas.

Fonte: site oficial das Xylobands.³

Um ano depois, 2016, a banda Coldplay também utilizou em sua turnê chamada *A Head Full of Dreams* uma pulseira semelhante à do show da Taylor Swift, chamada de *xylobands*. A Figura 17 mostra quatro dessas pulseiras ligadas. O diferencial delas é que ao invés de usar infravermelhos, as pulseiras tinham transmissores *wireless*, os quais possibilitavam a recepção de sinal da rede criada especificamente para a comunicação delas com uma central, onde as cores e efeitos eram controlados (LOPES, 2018).

Essas pulseiras utilizam um *chip* Si4362 da *Silicon Labs*. Esses chips operam em uma frequência de 142 à 1050 MHz e fazem parte de uma família de dispositivos chamada *EZRadioPRO®*, a qual é composta por transmissores, receptores e transceptores (dispositivos que combina transmissores e receptores) (TURKIA, 2018). Apesar dos protocolos específicos para transmissão e recepção de dados utilizados nas *xylobands* serem desconhecidos, pois a empresa responsável pelas pulseiras nunca divulgou detalhes técnicos desses protocolos, é de conhecimento que esses tipos de dispositivos utilizam protocolos de *radio frequency* (RF).

Os protocolos RF são compostos por várias tecnologias, mas as principais são o *Wi-Fi*, *Bluetooth*, *Bluetooth Low Energy*, *ZigBee* e DECT. Os quatro primeiros já foram

³ Disponível em: <http://xylobands.com/xylobands/>

explicados anteriormente. *Digital Enhanced Cordless Telecommunications* (DECT) é utilizada para comunicação sem fio e opera em uma frequência sem interferências e não licenciada, ou seja, não ocorre interferência com dispositivos *Bluetooth* e *Wi-Fi*. DECT possibilita uma conexão segura e confiável em áreas abertas de até 300 metros e em áreas internas de até 50 metros (BECK, 2013).

Em 2019, durante a turnê *Love Yourself: Speak Yourself*, o grupo BTS também adotou a mesma tecnologia que as *xylobands* e os espectadores dos shows não precisavam mais conectar as *ARMY BOMBS* no aplicativo e passar as informações do ingresso. Agora bastava ligá-las e o sistema usado pela central de controle conseguia identificá-las e sincronizá-las. Essa identificação era feita alguns momentos antes do show começar e durava até o final dele.

Para controlar esses tipos de objetos, a tecnologia *P2P* é utilizada. O termo *P2P* vem do inglês '*Peer to Peer*', o qual traduzido para o português é "par a par". Nessa técnica, basicamente, o computador atua como cliente e servidor ao mesmo tempo, ou seja, ele tanto faz pedidos quanto envia pedidos através de uma rede que conecta essas máquinas, mas somente se elas estiverem disponíveis no momento (MEYER, 2015). Um bom exemplo de um programa que utiliza essa tecnologia é *BitTorrent* (BITTORRENT, 2001). Ao utilizá-lo o usuário pode ser um servidor, deixando disponível arquivos para que outros façam *download*, mas também pode ser um cliente ao atuar como um usuário que baixa os arquivos de outros.

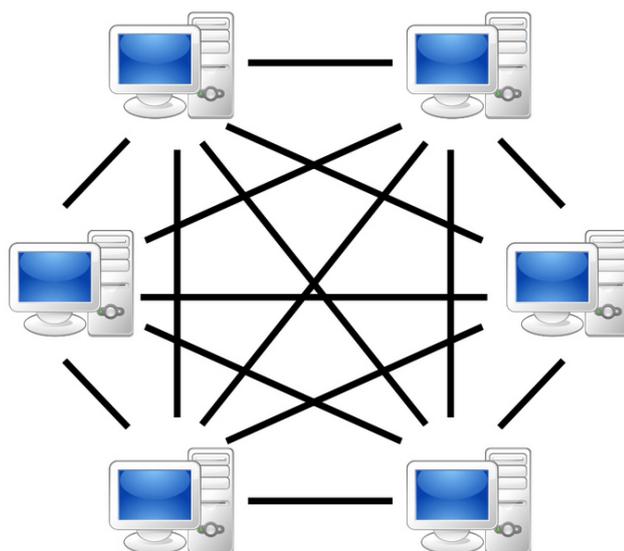


Figura 18 – Exemplo de uma rede P2P.

Fonte: site Ensino de Teleinformática e Automação.⁴

⁴ Disponível em: https://www.gta.ufrj.br/ensino/eel878/redes1-2016-1/16_1/p2p/intro.html

A Figura 18 é uma representação de uma rede P2P, pois todos os computadores estão conectados em rede virtual e podem enviar e receber dados, sem a necessidade de ter um servidor presente. O que limita a quantidade de usuários conectados é a largura de banda de cada um desses usuários, ou seja, quanto maior ela for, mais usuários poderão se conectar e compartilhar informações. Um lado positivo é que os arquivos são divididos em pacotes e cada um deles é enviado para usuários diferentes, o que evita que aconteçam gargalos na transmissão de dados (MEYER, 2015).

É importante citar que P2P é uma arquitetura de rede que não precisa necessariamente de *Internet* para funcionar. É possível utilizá-la com redes ad-hoc, as quais são redes sem fio, onde cada nó conectado a ela, atua como um roteador, ou seja, cada dispositivo presente nessa rede, encaminha a informação que chegou a ele. Assim, não há presença de um ponto de acesso em comum, como nas redes convencionais (KOTVISKI, 2009).

Nos shows citados anteriormente, onde dispositivos eram conectados e controlados por uma central sem precisar utilizar *Bluetooth* ou raios infravermelhos, o uso de uma rede P2P usando ad-hoc foi essencial para conexão acontecer, pois cada dispositivo era um nó na rede e eles tanto recebiam quanto transmitiam informação. E um desses dados que são transmitidos é a localização do nó, pois não se sabe a posição exata de todos os dispositivos no local.

Para auxiliar na localização desses nós, alguns algoritmos são utilizados para identificar e controlar todos os dispositivos no ambiente. Um dos fatores que indica qual é o melhor algoritmo para determinada situação é o tamanho do ambiente, pois áreas grandes são mais difíceis para encontrar todos os objetos como também para mandar o sinal que controla eles, uma vez a cobertura de redes sem fios costuma ter um menor alcance.

Há alguns tipos de algoritmos que estimam a localização de sensores, como RSSI (*Received Signal Strength Indicator*), AoA (*Angle of Arrival*), ToA (*Time Difference of Arrival*), além de infraestruturas como o GPS (*Global Positioning System*). Cada uma possui seu ponto positivo e negativo e a utilização delas depende da necessidade da aplicação, do seu propósito e do limite de custo (ALKHATIB; ELBIS,).

RSSI utiliza a intensidade da força do sinal que está chegando no receptor e ela indica a qualidade relativa do sinal recebido. Quanto maior o seu valor, melhor é o sinal, pois o transmissor está mais próximo do receptor (NETSPOT, c2021). Já no AoA é feito um cálculo do ângulo em que o sinal chegou no nó final e para essa apuração é necessário ter receptores, pois é através de, no mínimo, 2 deles que se consegue fazer uma estimativa mais correta da localização do nó que está enviando o dado (GUEDES, 2003).

A técnica ToA utiliza o tempo de transmissão e a velocidade de propagação do sinal para estimar o local do nó transmissor. Geralmente são usadas antenas para se

fazer uma comparação entre o tempo que sinal levou para chegar em cada uma e fazer o cálculo da estimativa da localização (GUEDES, 2003). A infraestrutura GPS fornece a localização exata de objetos no planeta terra e ela é constituída de três segmentos: espaço, onde ficam os satélites que emitem um sinal; os receptores, que são os aparelhos que possuem GPS; e por fim tem o segmento de controle, o qual de tempo em tempo faz a verificação e ajustes dos satélites. Apesar de trazer dados exatos, GPS é muito caro para ser utilizado na localização de nós que estão em uma área pequena e por causa disso, ele não é comumente usado (SECTION, 2019).

Em (SAAD; ELHOSSEINI; HAIKAL, 2018), Eman Saada, Mostafa Elhosseinib e Amira Yassin Haikalb citam os indicadores chaves de performance dos algoritmos, sendo eles: precisão em definir a localização do sensor; escalabilidade e autonomia, os quais informam a capacidade de inclusão de mais sensores caso necessário; custo, que engloba instalação, hardware, dinheiro, número de requisições, entre outros; área de cobertura; e consumo de energia, o qual é um dos maiores desafios dos sensores com rede sem fio. Com esses dados é possível fazer uma boa análise de qual algoritmo disponível é o ideal para a aplicação desejada.

5 Comparação entre as abordagens listadas

Com tantas tecnologias disponíveis no mercado e mais ainda no meio acadêmico, precisa-se entender para quais situações cada uma é indicada e se encaixaria melhor. Cada necessidade tem as suas particularidades e é importante escolher uma abordagem que melhor satisfaça o problema. Nesse capítulo serão feitas comparações entre as abordagens listadas anteriormente e para tal serão usadas métricas propostas no artigo “*Fundamental Metrics for Wireless Sensor Networks localization*” (REZAZADEH; MORADI; ISMAIL, 2012) para a comparação entre as tecnologias e as métricas da publicação “*Evaluation of localization algorithms*” (ALLEN et al., 2009) para os algoritmos.

O primeiro artigo (REZAZADEH; MORADI; ISMAIL, 2012) propõe no total 4 métricas para serem analisadas, sendo elas a precisão da localização, escalabilidade e autonomia, custos de comunicação e *network* e densidade dos nós. Já para algoritmos de localização, a publicação “*EVALUATION OF LOCALIZATION ALGORITHMS*” (ALLEN et al., 2009) utiliza três das quatro métricas anteriores, a precisão da localização, custos de comunicação e escalabilidade e autonomia, e acrescenta mais duas métricas: resiliência a erros e ruídos e cobertura. Essas métricas serão explicadas nos tópicos abaixo.

5.1 Cobertura

A cobertura é sobre a área de alcance da tecnologia e é importante gerar uma estratégia eficiente na implementação dela, pois existem limitações de comunicação, de custo e de memória (LUO et al., 2018). Alguns algoritmos podem não conseguir cobrir um *network* inteiro se não tiverem nós suficientes. Por esse motivo é interessante considerar na análise o quão fácil é para adicionar outros nós após a inicialização do algoritmo ter completado (ALLEN et al., 2009).

5.2 Precisão

A precisão é um fator extremamente importante nos algoritmos de localização, pois o principal motivo é identificar a posição dos nós e quanto mais preciso for a localização encontrada, melhor o algoritmo é considerado (SAAD; ELHOSSEINI; HAIKAL, 2018). A precisão obtida pode ser avaliada através de vários esquemas de localização e o processo envolve a análise de erros encontrados, os quais podem ser causados por questões físicas, como falta de nós, erros de algoritmo e no processo de refinamento (REZAZADEH; MORADI; ISMAIL, 2012).

5.2.1 Métricas

Para o cálculo da precisão, há dois tipos: métricas com *ground truth* (“verdades fundamentais”) e métricas sem “verdades fundamentais” (ALLEN et al., 2009). A primeira depende de posições de nós já conhecidos, enquanto que a segunda não. Devido aos tipos de algoritmos abordados nesse trabalho, será usada o tipo de métricas com “verdades fundamentais”, pois há alguns deles que o desempenho depende de nós conhecidos.

E para cada um dos dois tipos de métricas há maneiras de se calcular através de fórmulas matemáticas o valor da precisão, porém, para tal, é necessário ter coordenadas e números de nós desconhecidos. Como não se tem esses valores necessários para as fórmulas matemáticas, o cálculo não será feito e essas fórmulas matemáticas não serão discutidas nesse trabalho.

5.3 Resiliência a erros e ruídos

Essa métrica aborda como ou quão bem os algoritmos lidam com erros e é importante saber como eles vão se comportar em situações em que não há dados precisos (ALLEN et al., 2009).

5.4 Escalabilidade e autonomia

Escalabilidade diz a respeito da quantidade de nós em uma rede e da possibilidade de aumentar o número deles. Enquanto que a autonomia é sobre a necessidade de interferência humana no sistema. Ambas estão relacionadas, pois uma tecnologia ser auto coordenada está diretamente ligada com a possibilidade de sua ampliação (REZAZADEH; MORADI; ISMAIL, 2012).

5.5 Custos de comunicação

Os custos de comunicação podem ser avaliados por custos financeiros, de instalação e computacional. Esse último é um dos mais cruciais, pois devido ao tamanho de sensores e ao seu propósito de uso, o consumo de energia é um desafio na hora de desenvolver os objetos e os algoritmos (SAAD; ELHOSSEINI; HAIKAL, 2018).

5.6 *Network* e densidade dos nós

Segundo o artigo (REZAZADEH; MORADI; ISMAIL, 2012), há sugestões de que quão maior a densidade da rede é, melhor é a performance da localização, porém isso não

quer dizer que é mais preciso, pois a precisão está ligada ao número de nós presentes ou a área que eles alcançam (REZAZADEH; MORADI; ISMAIL, 2012).

5.7 Comparações

No Capítulo 2 foram abordados dois tipos de tecnologias envolvendo o *Wi-Fi*: *Wi-Fi Aware* e MU-MIMO. *Wi-Fi Aware* é um protocolo para descoberta de dispositivos e transferência de dados e o MU-MIMO é uma *feature* para maximizar os recursos dos roteadores, então não há como compará-los. Nesse capítulo também foram explicados três algoritmos que poderiam ser usados para a localização de dispositivos, sendo elas o algoritmo KNN, CAA-PM e *fingerprinting*.

Tabela 1 – Comparação entre algoritmo KNN, CAA-PM e *fingerprinting*.

	KNN	CAA-PM	<i>Fingerprinting</i>
Escalabilidade e autonomia	Alta	Alta	Baixa
Precisão	Média	Alta	Média
Cobertura	Alta	Alta	Média
Custo	Baixo	Alto	Alto
Resiliência a erros e ruídos	Alto	Alto	Baixo

Fonte: Elaborada pela autora.

A Tabela 1 foi construída através de uma comparação entre os três algoritmos usando as métricas citadas anteriormente. Para cada um dos pontos analisados, comparou-se os algoritmos entre si e, de acordo com as especificações de cada um deles, foi dado o valor na tabela.

Alguns pontos importantes sobre os dados do método *fingerprinting*: o seu alcance vai depender diretamente da quantidade de APs presentes no local e onde se encontra os nós com a localização desconhecida. E a instalação de APs gera um custo financeiro que os outros algoritmos não tem. No estudo (“*Scalability of Wireless Fingerprinting based Indoor Localization Systems*”), foi concluído que quando o número de usuários vai crescendo, a confiabilidade vai diminuindo até chegar em um ponto crítico, o qual acontece quando o número de usuários é igual ao número de APs implementados na região. Depois disso, a confiabilidade aumenta (MAO et al., 2018).

Sobre os dados do algoritmo KNN é interessante ressaltar que quanto maior é a quantidade de dados analisado, maior será o custo computacional do algoritmo, já que ele é mais eficiente para uma baixa quantidade de dados. A precisão e o ruído dependerão da quantidade de nós conhecidos que estão em volta do nó com posição desconhecida e a distância entre eles também influenciará no resultado da localização. O ruído pode ser lido

de duas formas: aumentando o número de vizinhos ou pré-processando um treinamento para os nós conhecidos através de outros algoritmos (OUGIAROGLOU; EVANGELIDIS, 2015).

Sobre o algoritmo CAA-PM, o propósito dele é melhorar a precisão do KNN, porém o autor ainda relata que há alguns pontos que precisam ser aperfeiçoados como a otimização de uma variável utilizada para fazer o cálculo da localização. Por esse motivo o consumo de energia ainda permanece alto.

No Capítulo 3 são apresentadas três tecnologias: *Bluetooth Marketing/ Advertising*, P2P e *iBeacon*. Porém a comparação que será feita abaixo é entre o *Bluetooth Marketing/ Advertising* e *iBeacon*, pois eles possuem características em comum, como ter um sensor no ambiente responsável por identificar os dispositivos que entram no mesmo espaço que eles e o tipo de uso ser semelhante. Enquanto que o P2P tem o propósito de atuar sem ter um nó responsável por transmitir os dados e que todos os dispositivos possam atuar tanto como clientes quanto como servidores.

Tabela 2 – Comparação entre *Bluetooth Marketing/ Advertising* e *iBeacon*.

	<i>Bluetooth Marketing/ Advertising</i>	<i>iBeacon</i>
Escalabilidade e autonomia	Alta	Alta
Precisão	Alta	Alta
<i>Network</i> e densidade dos nós	Alto	Alto
Custo	Alto	Baixo

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 2 é possível perceber que ambas tecnologias tiveram alguns resultados semelhantes em relação aos parâmetros analisados. O que as diferencia é o *network* e densidade dos nós e os custos. Como *Bluetooth Marketing/ Advertising*, além de localizar o dispositivo, também envia alguma informação, como um panfleto digital, ele gera um custo maior do que o *iBeacon*, pois executa uma função a mais, a qual precisa ser programada. Um fato interessante sobre o *network* e densidade dos nós de ambas é que se for muito baixo, pode causar falhas na precisão. Então as duas tecnologias precisam ter uma certa quantidade de nós para funcionarem de maneira adequada e essa quantidade é definida através do tamanho da área em que se deseja aplicar essa tecnologia.

Antes de comparar as abordagens do Capítulo 4, será feita uma comparação entre as tecnologias *Wi-Fi* e *Bluetooth*. No trabalho (LOPES, 2018), o autor relatou que fez testes com o módulo *Wi-Fi* e *Bluetooth*, porém o primeiro utilizou mais recursos do *Arduino* do que o outro e não tinha a possibilidade de utilizar o recurso de localização da *iBeacon* caso optasse pelo módulo *Wi-Fi*. E esses fatores o fizeram escolher o *Bluetooth* como a tecnologia adotada para o desenvolvimento do projeto.

A Tabela 3 foi feita com base nas versões mais recentes dessas tecnologias, *Bluetooth 5* e *Wi-Fi 6*.

O *Bluetooth 5.0* aumentou o alcance da geração anterior e agora ele alcança uma área de 240 metros. E por causa da preocupação com a IoT, é possível fazer a conexão com vários dispositivos através do *Bluetooth Beacons*, citado anteriormente. Essa nova geração também manteve o *Bluetooth Low Energy*, assim ele é econômico, alcança uma grande área e consegue se conectar com outros dispositivos (ALMEIDA, 2020).

Já o *Wi-Fi 6* tem uma cobertura baixa em comparação ao *Bluetooth 5.0*. O alcance total dessa tecnologia é de 46 metros, o qual aumentou em comparação ao *Wi-Fi 5*. Outro ponto aprimorado foi o consumo de energia, a nova versão passou a ser mais econômica para dispositivos móveis, porém para computadores, o gasto de energia continua o mesmo, uma vez que eles estão constantemente conectados e enviando dados.

Tabela 3 – Comparação entre *Wi-Fi 6* e *Bluetooth 5.0*

	<i>Wi-Fi 6</i>	<i>Bluetooth 5.0</i>
Escalabilidade e autonomia	Baixa	Baixa
Precisão	Alta	Alta
<i>Network</i> e densidade dos nós	Baixa	Baixa
Custo	Baixo	Baixo

Fonte: Elaborada pela autora.

Na Tabela 3 é possível verificar que ambas tecnologias tem algumas semelhanças, mas dois pontos que são importantes serem destacados: escalabilidade e autonomia e *network* e densidade dos nós. O *Wi-fi 6* melhorou a escalabilidade em relação a versão anterior, agora até 8 dispositivos podem estar conectados na mesma rede sem perder velocidade (REDAÇÃO, 2019) e o *Bluetooth 5.0* permite conexão de até 7 dispositivos. Mas esse é o limite dessas tecnologias. Elas não conseguem estender esse limite e isso ocorre devido à características delas.

Tabela 4 – Comparação entre infravermelho e transmissores *wireless*.

	Infravermelho	Transmissores Wireless
Precisão	Alta	Média
Escalabilidade e autonomia	Alta	Alta
<i>Network</i> e densidade dos nós	Baixo	Alta
Custo	Baixo	Alto

Fonte: Elaborada pela autora.

No Capítulo 4 foram abordadas duas tecnologias, o infravermelho e os transmissores *wireless*, para o mesmo propósito em um show: conectar dispositivos específicos usados pela audiência e mudar o comportamento deles, alterando as cores conforme a música. Levando isso em consideração, foi feita uma comparação entre essas duas tecnologias.

Na Tabela 4, o consumo de energia do infravermelho é considerado baixo, pois ele consome em média 5.85 mW, enquanto que um transmissor consome menos de 0.210 W. O *network* e densidade dos nós do infravermelho também é considerada menor que as dos transmissores, pois ela tem um limite de alcance, enquanto que, como os transmissores *wireless* utilizam a topologia P2P, eles podem repassar as informações para nós mais distantes. Porém a precisão deles vai depender do algoritmo utilizado e da distância em que os pontos se encontram.

Também no Capítulo 4 são abordados três tipos de algoritmos para localização de nós: RSSI, AoA e ToA. Eles são os algoritmos tradicionais e mais conhecidos (SAAD; ELHOSSEINI; HAIKAL, 2018). Foi feita uma comparação entre as três abordagens utilizando as métricas propostas na publicação (ALLEN et al., 2009).

Tabela 5 – Comparação entre RSSI, AoA e ToA.

	RSSI	AoA	ToA
Precisão	Baixa	Alta	Alta
Escalabilidade e autonomia	Baixa	Baixa	Baixa
Cobertura	Alto	Alto	Alto
Custo	Baixo	Alto	Alto
Resiliência a erros e ruídos	Baixa	Alta	Baixo

Fonte: Elaborado pela autora.

Pela Tabela 5 é possível perceber que o RSSI é o único entre os três que tem custo baixo, pois ele somente analisa a intensidade do sinal que está chegando, enquanto que os outros algoritmos precisam utilizar antenas para poder fazer os cálculos para definir a localização exata do nó. E por esse motivo os outros 2 algoritmos possuem uma precisão maior. O AoA tem um desempenho melhor em comparação aos outros 2 algoritmos na resiliência a erros e ruídos, pois no ToA, quando o caminho por onde o sinal está sendo transmitido é bloqueado, mais erros aparecem (SNEHA; MUNUSAMY, 2020).

Com esses dados é possível perceber que há diferenças entre as abordagens feitas nos capítulos anteriores e que elas podem servir para propósitos diferentes. É importante frisar que elas não precisam ser ou não são sempre usadas separadamente. Atualmente existem empresas, como a AisleLabs, que utilizam tanto o *Wi-Fi* quanto *Bluetooth* para oferecerem serviços de marketing para seus clientes. Casos assim demonstram que juntar o melhor que as tecnologias tem a oferecer pode proporcionar soluções interessantes.

5.8 Levantamento quantitativo dos artigos

Para o desenvolvimento desse projeto foi necessário o levantamento de várias informações sobre cada uma das tecnologias abordadas bem como de soluções existentes tanto no mercado quanto na literatura. Para tal, pesquisas foram feitas para encontrar os artigos para estudo. Nessa seção será detalhado as palavras-chaves utilizadas na busca, a quantidade de artigos devolvidos em cada uma das buscas, os sites onde elas foram realizadas e idioma da publicação.

5.8.1 Sites

No total foram utilizados dois sites para realizar a busca por artigos: *Google Acadêmico*¹ e *ResearchGate*². Entre esses dois sites, o mais utilizado foi o *Google Acadêmico*, pois ele conseguia entregar artigos de vários sites.

Também foram utilizados blogs e jornais para buscar algumas informações mais básicas das tecnologias, como, por exemplo, um resumo básico do funcionamento, as novidades recentes e algumas comparações mais simples entre elas. Alguns dos sites utilizados foram a *Techtudo*³ e *Canaltech*⁴.

5.8.2 Palavras-chaves

Para o desenvolvimento dos Capítulos 2, 3 e 4 foram utilizadas palavras-chaves diferentes, uma vez que cada um deles trata de uma tecnologia diferente. Para a busca de artigos foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: *Wi-Fi communication*, *Wi-Fi module*, *Wi-Fi aware*, *Wi-Fi localization algorithm*, *Wi-Fi event* e *MU-MIMO*.

Já para o Capítulo 3 foram utilizadas as seguintes palavras-chaves: *Bluetooth surgimento*, *Bluetooth Low Energy*, *Bluetooth localization*, *Bluetooth Marketing/Advertising*, *Bluetooth point to multipoint* e *online concerts Bluetooth*. E no Capítulo 4, as palavras-chaves foram: *IoT protocols*, *IoT infrared devices* e *IoT wireless devices*.

5.8.3 Quantidade de artigos por busca

As tabelas a seguir demonstram a relação entre cada uma das palavras-chaves citadas na subseção anterior com os dois sites citados na subseção de sites e a quantidade de resultados que ambos devolveram. Foram criadas 3 tabelas, cada uma representando as palavras-chaves dos três capítulos citados na subseção anterior. As Tabelas 6, 7 e 8 são sobre as palavras-chaves do Capítulo 2, 3 e 4, respectivamente.

¹ Disponível em: <https://scholar.google.com.br/?hl=pt>

² Disponível em: <https://www.researchgate.net/>

³ <https://www.techtudo.com.br/>

⁴ <https://canaltech.com.br/>

Tabela 6 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 2 e seus respectivos sites de busca e quantidade de artigos.

Palavra-chave	Site	Quantidade de artigos devolvidos
<i>Wi-Fi communication</i>	<i>Google Acadêmico</i>	2.323.000
<i>Wi-Fi communication</i>	<i>ResearchGate</i>	100
<i>Wi-Fi module</i>	<i>Google Acadêmico</i>	77.800
<i>Wi-Fi aware</i>	<i>Google Acadêmico</i>	108.000
<i>Wi-Fi aware</i>	<i>ResearchGate</i>	90
<i>Wi-Fi localization algorithm</i>	<i>Google Acadêmico</i>	48.100
<i>Wi-Fi localization algorithm</i>	<i>ResearchGate</i>	100
<i>Wi-Fi event</i>	<i>Google Acadêmico</i>	91.700
MU-MIMO	<i>Google Acadêmico</i>	21.700

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 7 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 3 e seus respectivos sites de busca e quantidade de artigos.

Palavra-chave	Site	Quantidade de artigos devolvidos
<i>Bluetooth surgimento</i>	<i>Google Acadêmico</i>	8.000
<i>Bluetooth Low Energy</i>	<i>Google Acadêmico</i>	118.000
<i>Bluetooth Low Energy</i>	<i>ResearchGate</i>	100
<i>Bluetooth localization</i>	<i>Google Acadêmico</i>	47.000
<i>Bluetooth localization</i>	<i>ResearchGate</i>	100
<i>Bluetooth Marketing/ Advertising</i>	<i>Google Acadêmico</i>	460
<i>Bluetooth point to/multipoint</i>	<i>Google Acadêmico</i>	12.900
<i>Online concerts Bluetooth</i>	<i>Google Acadêmico</i>	8.230

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 8 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 4 e seus respectivos sites de busca e quantidade de artigos.

Palavra-chave	Site	Quantidade de artigos devolvidos
<i>IoT protocols</i>	<i>Google Acadêmico</i>	189.000
<i>IoT protocols</i>	<i>ResearchGate</i>	100
<i>IoT infrared devices</i>	<i>Google Acadêmico</i>	32.900
<i>IoT wireless devices</i>	<i>Google Acadêmico</i>	267.000

Fonte: Elaborado pela autora.

5.8.4 Idioma

Como as buscas geraram de centenas a milhares de resultados seria um processo muito demorado analisar a origem e idioma de cada um dos artigos. Para analisar esses dois dados será feita uma análise dos idiomas dos artigos que foram resultados das buscas para cada uma das palavras-chaves. E somente será analisado o site *Google Acadêmico*, pois somente ele tem a opção de filtrar o idioma dos artigos.

Tabela 9 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 2 e os idiomas dos artigos.

Palavra-chave	Idiomas
<i>Wi-Fi communication</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Wi-Fi module</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Wi-Fi aware</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Wi-Fi localization algorithm</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Wi-Fi event</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
MU-MIMO	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 10 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 3 e os idiomas dos artigos.

Palavra-chave	Idiomas
Bluetooth surgimento	Inglês, português, espanhol, e francês
<i>Bluetooth Low Energy</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Bluetooth localization</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Bluetooth Marketing/Advertising</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, francês, italiano e turco
<i>Bluetooth point to multipoint</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
<i>Online concerts Bluetooth</i>	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco

Fonte: Elaborado pela autora.

Tabela 11 – Tabela com as palavras-chaves do Capítulo 4 e os idiomas dos artigos.

Palavra-chave	Idiomas
IoT protocols	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
IoT infrared devices	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco
IoT wireless devices	Inglês, português, espanhol, alemão, coreano, francês, holandês, italiano, japonês, polonês e turco

Fonte: Elaborado pela autora.

As Tabelas 9, 10 e 11 trazem uma relação entre palavras chaves e os idiomas dos artigos que foram encontrados ao se realizar a pesquisa para o Capítulo 2, 3 e 4 respectivamente.

6 Conclusão

O mundo do entretenimento tenta acompanhar as novas tecnologias para assim inovar os seus produtos e serviços, trazendo novas experiências e formas de diversão para as pessoas. Manter-se atualizado nas novas soluções tecnológicas e investir em estudos nessa área é uma forma de empresas desse ramo se destacarem e se manterem no topo. Esse trabalho trouxe algumas soluções que o mercado já utiliza como também novos estudos de meios de comunicação existentes.

Desde o surgimento da tecnologia *Wi-Fi*, novos produtos foram surgindo e facilitando a comunicação entre as pessoas. Inovações para o entretenimento também apareceram e entre elas destaca-se a *LiveTag* e o *Wi-Fi Aware*, o qual foi usado em aplicativo recente da *Google* chamado “*WifiNanScan App*”. Ambas são soluções que podem proporcionar novas experiências de conexão para o usuário. Já com a tecnologia *Bluetooth*, é interessante ressaltar a importância da topologia *scatternet*, a qual pode ser usada em situações onde há um dispositivo que controla todos os que estão conectados na rede. Como também a ideia do *Bluetooth Marketing/Advertising*, a qual pode ser usada em eventos grandes, como festivais ou feiras culturais. Para IoT, é interessante focar na tecnologia *P2P*, a qual pode ser usada em locais de grande área e integrar mais pessoas.

Cada uma dessas tecnologias tem seus pontos fortes e fracos e, quando aplicadas em situações adequadas, trazem bons resultados. Nas comparações feitas, é possível perceber que as abordagens podem ser aplicadas em várias condições e que o sucesso delas depende de alguns fatores, como, por exemplo, do tamanho do local e distância entre os dispositivos. Entre todas as tecnologias apontadas nesse trabalho, IoT tem um bom destaque para aplicações no entretenimento, pois ela busca aperfeiçoar soluções existentes como também fazer a junção de mais de uma abordagem para propor novas formas de uso.

Para trabalhos futuros pretende-se buscar e estudar sobre mais formas de usar tanto as tecnologias existentes quanto as novas no entretenimento. Para tal irá ser necessário realizar leituras sobre as propostas na literatura como também verificar o que o mercado está utilizando e quais projetos tiveram sucesso ou falharam e entender o motivo pelo qual chegaram nesse resultado final.

Referências

- ABREU, K. C. K.; SILVA, R. S. d. História e tecnologias da televisão. *Artigo Científico, Universidade Federal de Santa Maria, Campus de Westphalen, RS*, 2011. Citado na página 11.
- ALKHATIB, A. A.; ELBIS, M. Improved accuracy of wireless sensor networks localisation based on communication ranging. *Journal of Internet Services and Applications*. Citado na página 35.
- ALLEN, M. et al. Evaluation of localization algorithms. In: _____. [S.l.: s.n.], 2009. ISBN 9781605663968. Citado 3 vezes nas páginas 37, 38 e 42.
- ALMEIDA, S. *Bluetooth 5 - Conheça as melhorias da conexão sobre versões anteriores*. 2020. Disponível em: <<https://mundoconectado.com.br/artigos/v/13913/bluetooth-5-conheca-as-melhorias-da-conexao-sobre-versoes-anteriores>>. Citado na página 41.
- ANDRADE, L. A.; MEDEIROS, M. Jogos pervasivos e zonas bluetooth. espaço, lugar e mediação em práticas comunicacionais contemporâneas. *Culturas Midiáticas. João Pessoa: UFPB*, 2013. Citado na página 28.
- ANEJA, S.; ANEJA, N.; ISLAM, M. S. Iot device fingerprint using deep learning. In: IEEE. *2018 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS)*. [S.l.], 2018. p. 174–179. Citado na página 18.
- ASHTON, K. et al. That ‘internet of things’ thing. *RFID journal*, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. Citado na página 30.
- ATOJI, R. I. Bluetooth e nfc: estudo de caso. *Universidade de São Paulo Instituto de Matemática e Estatística, São Paulo*, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- AUTRAN, F. ‘Desafio dos 10 anos’ da tecnologia: o que mudou na última década. 2019. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/mercado/138008-desafio-10-anos-tecnologia-mudou-ultima-decada.htm>>. Citado na página 12.
- AVSYSTEM. *IoT Standards and protocols guide — protocols of the Internet of Things*. 2019. Disponível em: <<https://www.avsystem.com/blog/iot-protocols-and-standards/>>. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.
- AVSYSTEM. *LwM2M — Lightweight M2M standard — protocol and its benefits*. 2019. Disponível em: <<https://www.avsystem.com/blog/lightweight-m2m-lwm2m-overview/>>. Citado na página 31.
- BARBOZA, E.; SILVA, A. A evolução tecnológica dos jogos eletrônicos: do videogame para o newsgame. *5º Simpósio Internacional de Ciberjornalismo*, p. 1–16, 2014. Citado na página 11.
- BASSOLI, A.; BAUMANN, S. Bluetuna: music sharing through mobile phones. In: *Proceedings of the Third International Workshop on Mobile Music Technology*. [S.l.: s.n.], 2006. Citado na página 28.

- BASSOLI, A. et al. Tuna: Local music sharing with handheld wi-fi devices. In: *Proc of 5th Wireless World Conference 2004*. [S.l.: s.n.], 2004. Citado na página 28.
- BECK, D. *Choosing RF protocols for industrial, scientific and medical applications*. 2013. Disponível em: <<https://www.eetimes.com/choosing-rf-protocols-for-industrial-scientific-and-medical-applications/>>. Citado na página 34.
- BERGHER, R. *Bluetooth: entenda os tipos e para que serve essa tecnologia*. 2019. Disponível em: <<https://www.zoom.com.br/celular/deumzoom/o-que-e-bluetooth-tipos-para-que-serve>>. Citado na página 23.
- BITTORRENT. *Sobre o BitTorrent*. 2001. Disponível em: <<https://www.bittorrent.com/pt-br/company/about-us/>>. Citado na página 34.
- BORGIA, E. The internet of things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, v. 54, p. 1 – 31, 2014. ISSN 0140-3664. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366414003168>>. Citado na página 30.
- BTS WORLD TOUR 'LOVE YOURSELF' LA MD / OFFICIAL LIGHT STICK ver.3 (+ENG). BTS, 2018. Disponível em: <<https://www.facebook.com/watch/?v=294817344649775>>. Citado na página 26.
- CALIXTO, A. *VIBRAÇÃO, SOM E LUZ*. 2019. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/stein/radio.html>. Citado na página 23.
- CHEN, Y.; YANG, J. Chapter 8 - defending against identity-based attacks in wireless networks. In: DAS, S. K.; KANT, K.; ZHANG, N. (Ed.). *Handbook on Securing Cyber-Physical Critical Infrastructure*. Boston: Morgan Kaufmann, 2012. p. 191–222. ISBN 978-0-12-415815-3. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012415815300008X>>. Citado na página 18.
- CIPOLI, P. *Qual é a diferença entre os padrões a, b, g e n dos roteadores wireless?* 2020. Disponível em: <<https://canaltech.com.br/hardware/qual-e-a-diferenca-entre-os-padroes-a-b-g-e-n-dos-roteadores/>>. Citado na página 14.
- CORIOLANO, L. N. Ócio, lazer e turismo: Avanços e recuos das formas do entretenimento humano. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 46244–46262, 2020. Citado na página 11.
- Di Natale, C.; MARTINELLI, E. 5 - data analysis. In: PENNAZZA, G.; SANTONICO, M. (Ed.). *Breath Analysis*. Academic Press, 2019. p. 81–94. ISBN 978-0-12-814562-3. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128145623000059>>. Citado na página 18.
- DREY, R. F. *Definição e princípios da Computação Ubíqua*. 2015. Disponível em: <<https://www.tiespecialistas.com.br/definicao-e-principios-da-computacao-ubiqua/>>. Citado na página 31.
- FENG, Q. et al. A context-aware assisted wifi positioning method. *Wireless Communications and Mobile Computing*, Hindawi, v. 2021, 2021. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 20.

- FIX, E.; HODGES, J. Discriminatory analysis: Nonparametric discrimination: Consistency properties. *International Statistical Review*, v. 57, 12 1989. Citado na página 19.
- GAO, C.; LI, Y.; ZHANG, X. Livetag: Sensing human-object interaction through passive chipless wifi tags. In: *15th {USENIX} Symposium on Networked Systems Design and Implementation ({NSDI} 18)*. [S.l.: s.n.], 2018. p. 533–546. Citado na página 21.
- GAWAI, N. et al. Implementation issues in bluetooth based smart sensor network. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, v. 2, n. XI, p. 149–153, 2014. Citado na página 23.
- GOGONI, R. *MU-MIMO: o que é e como saber se um roteador suporta*. 2019. Disponível em: <<https://tecnoblog.net/281837/mu-mimo-o-que-e/>>. Citado na página 17.
- GRID, H. *What is WiFi Aware?* 2017. Disponível em: <<https://hackersgrid.com/2017/08/what-is-wifi-aware-what-does-it-have-to-do-with-android-8-0-oreo.html>>. Citado na página 16.
- GUEDES, E. M. P. *Estudo de Técnica Híbrida de Localização de Estações Móveis Baseada em TDoA e AoA*. Tese (Doutorado) — Dissertação de mestrado. Instituto Militar de Engenharia, Programa de Pós ... , 2003. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 36.
- HINTERSTEINER, J. *How Does MU-MIMO Work?* 2021. Disponível em: <<https://www.networkcomputing.com/wireless-infrastructure/how-does-mu-mimo-work>>. Citado na página 18.
- IBGE, I. B. D. G. E. E. *USO DE INTERNET, TELEVISÃO E CELULAR NO BRASIL*. 2020. Disponível em: <<https://educa.ibge.gov.br/jovens/materias-especiais/20787-uso-de-internet-televisao-e-celular-no-brasil.html>>. Citado na página 14.
- IBGE, I. B. D. G. E. E. *Pesquisa mostra que 82,7% dos domicílios brasileiros têm acesso à internet*. 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcom/pt-br/noticias/2021/abril/pesquisa-mostra-que-82-7-dos-domicilios-brasileiros-tem-acesso-a-internet>>. Citado na página 14.
- ITU. *ICTs, LDCs and the SDGs Achieving universal and affordable Internet in the least developed countries*. Switzerland, 2018. Citado na página 11.
- JESUS, A. *Novo Wi-Fi cria conexão inteligente entre gadgets sem precisar de Internet*. 2015. Disponível em: <<https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2015/07/novo-wi-fi-cria-conexao-inteligente-entre-gadgets-sem-precisar-de-internet.html>>. Citado na página 16.
- KENSHIMA, G. *Primeiros passos com módulo Bluetooth HM-10 e app Dabble – Parte 1*. 2020. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/primeiros-passos-com-modulo-bluetooth-hm-10-e-app-dabble/>>. Citado na página 27.
- KOTVISKI, A. *O que são redes ad hoc?* 2009. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/internet/2792-o-que-sao-redes-ad-hoc.htm>>. Citado na página 35.
- LEMONS, A.; VALENTIM, J. Cibercultura e infraestrutura de redes sem fio no brasil. *Comunicação & Sociedade*, v. 27, n. 45, p. 79–94, 2006. Citado na página 14.

LOPES, M. N. d. S. *Iluminação Inteligente Um conceito de entretenimento*. Tese (Doutorado), 2018. Citado 3 vezes nas páginas 27, 33 e 40.

LOPEZ RESEARCH. *Uma introdução à Internet da Coisas (IoT)*. Estados Unidos da América, 2013. Citado na página 12.

LUO, J. et al. Research on localization algorithms based on acoustic communication for underwater sensor networks. *Sensors*, v. 18, p. 67, 01 2018. Citado na página 37.

LUZ, F. *ALGORITMO KNN PARA CLASSIFICAÇÃO*. 2019. Disponível em: <<https://inferir.com.br/artigos/algoritmo-knn-para-classificacao/>>. Citado na página 20.

MAGRANI, E. *A Internet das coisas*. Brasil: FGV EDITORA, 2009. Citado na página 12.

MAO, Y. et al. Scalability of wireless fingerprinting based indoor localization systems. In: IEEE. *2018 15th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON)*. [S.l.], 2018. p. 1–9. Citado na página 39.

MARTINELLI, M. *How Do the Light-Up Bracelets on Taylor Swift's 1989 Tour Actually Work?* 2015. Disponível em: <<https://slate.com/culture/2015/07/pixmob-the-company-behind-the-led-bracelets-on-taylor-swift-s-1989-tour-explains-how-they-work.html>>. Citado na página 33.

MEYER, M. *O que é P2P e como ela funciona?* 2015. Disponível em: <<https://www.oficinadanet.com.br/post/14046-o-que-e-p2p-e-como-ela-funciona>>. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 35.

MPIRICAL. *Especificação do protocolo de controle de telefonia TCS*. c2021. Disponível em: <<https://www.mpirical.com/glossary/tcs-telephony-control-protocol-specification>>. Citado na página 24.

NETSPOT. *O que é o RSSI e qual a sua relação com uma rede Wi-Fi*. c2021. Disponível em: <<https://www.netspotapp.com/pt/what-is-rssi-level.html>>. Citado na página 35.

NGUYEN, A. *Bluetooth 1.0 vs 2.0 vs 3.0 vs 4.0 vs 5.0 - How They Compare | Symmetry Blog*. 2018. Disponível em: <<https://www.semiconductorstore.com/blog/2018/Bluetooth-1-0-vs-2-0-vs-3-0-vs-4-0-vs-5-0-How-They-Differ-Symmetry-Blog/3147/>>. Citado na página 23.

OUGIAROGLOU, S.; EVANGELIDIS, G. Dealing with noisy data in the context of k-nn classification. In: *Proceedings of the 7th Balkan Conference on Informatics Conference*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2015. (BCI '15). ISBN 9781450333351. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/2801081.2801116>>. Citado na página 40.

PARIKH, B. *Bluetooth Protocol (Part 1): Basics and Working*. 2021. Disponível em: <<https://www.engineersgarage.com/bluetooth-protocol-part-1-basics-and-working/>>. Citado na página 23.

- PARIKH, B. *Bluetooth Protocol (Part 2): Types, Data Exchange, Security*. 2021. Disponível em: <<https://www.engineersgarage.com/bluetooth-protocol-part-2-types-data-exchange-security/>>. Citado 2 vezes nas páginas 24 e 25.
- PROJECT, A. O. S. *Wi-Fi Aware*. 2021. Disponível em: <<https://source.android.com/devices/tech/connect/wifi-aware?hl=en>>. Citado na página 16.
- PROJECT, A. O. S. *Wi-Fi RTT (IEEE 802.11mc)*. 2021. Disponível em: <<https://source.android.com/devices/tech/connect/wifi-rtt>>. Citado na página 16.
- REDAÇÃO. *Tudo sobre o Wi-Fi 6: quais são as vantagens do novo padrão de rede sem fio*. 2019. Disponível em: <<https://olhardigital.com.br/2019/02/22/noticias/wi-fi-6-o-que-e-e-como-funciona/>>. Citado na página 41.
- REZAZADEH, J.; MORADI, M.; ISMAIL, A. S. Fundamental metrics for wireless sensor networks localization. *International Journal of Electrical & Computer Engineering (2088-8708)*, v. 2, n. 4, 2012. Citado 3 vezes nas páginas 37, 38 e 39.
- ROCHA, A. *O QUE É SNMP E QUAL A IMPORTÂNCIA DESSE PROTOCOLO?* 2017. Disponível em: <<https://www.opservices.com.br/snmp/>>. Citado na página 31.
- RUFINO, A. F.; TABOSA, H. R.; NUNES, J. V. Redes sociais: surgimento e desenvolvimento dos micro-blogings. InfoBrasil, 2010. Citado na página 11.
- SAAD, E.; ELHOSSEINI, M.; HAIKAL, A. Y. Recent achievements in sensor localization algorithms. *Alexandria engineering journal*, Elsevier, v. 57, n. 4, p. 4219–4228, 2018. Citado 4 vezes nas páginas 36, 37, 38 e 42.
- SECTION, L. o. C. S. R. *What is a GPS? How does it work?* 2019. Disponível em: <<https://www.loc.gov/everyday-mysteries/item/what-is-gps-how-does-it-work/>>. Citado na página 36.
- SHAKSHUKI, E. et al. Comparative study on range free localization algorithms. *Procedia Computer Science*, v. 151, p. 501–510, 01 2019. Citado na página 19.
- SNEHA, V.; MUNUSAMY, N. Localization in wireless sensor networks: A review. *Cybernetics and Information Technologies*, v. 20, p. 3–26, 11 2020. Citado na página 42.
- STEIN, P. *Banda Base (Baseband)*. 2003. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/stein/baseband.html>. Citado na página 25.
- STEIN, P. *Canal Lógico*. 2003. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/stein/canal_logico.html>. Citado na página 25.
- STEIN, P. *Rádio*. 2003. Disponível em: <https://www.gta.ufrj.br/seminarios/semin2003_1/stein/baseband.html>. Citado na página 23.
- THOMSEN, A. *Detector de proximidade com sensor infravermelho*. 2015. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/sensor-infravermelho-arduino/>>. Citado na página 32.
- TURKIA, J. *Xyloband - What's inside one*. 2018. Disponível em: <<https://blog.hqcodeshop.fi/archives/395-Xyloband-Whats-inside-one.html>>. Citado na página 33.

WORLD, R. W. *Bluetooth Protocol stack/layers*. c2012. Disponível em: <<https://www.rfwireless-world.com/Tutorials/Bluetooth-protocol-stack.html>>. Citado na página 24.

ZHANG, Z. Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE multimedia*, IEEE, v. 19, n. 2, p. 4–10, 2012. Citado na página 32.

ZHANG, Z. Microsoft kinect sensor and its effect. *IEEE Multim.*, v. 19, p. 4–10, 2012. Citado na página 32.