



UFAC



FUNDAPE



CITS

**Internet das Coisas (IoT)
para a Indústria 4.0**



PROJETO IOT



Aplicações IoT

Internet das Coisas

Prof. André Nasserla
andre.nasserla@ufac.br

Introdução

- A Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things (IoT)*) emergiu dos avanços de várias áreas como sistemas embarcados, microeletrônica, comunicação e sensoriamento.
- De fato, a IoT tem recebido bastante atenção tanto da academia quanto da indústria, devido ao seu potencial de uso nas mais diversas áreas das atividades humanas.

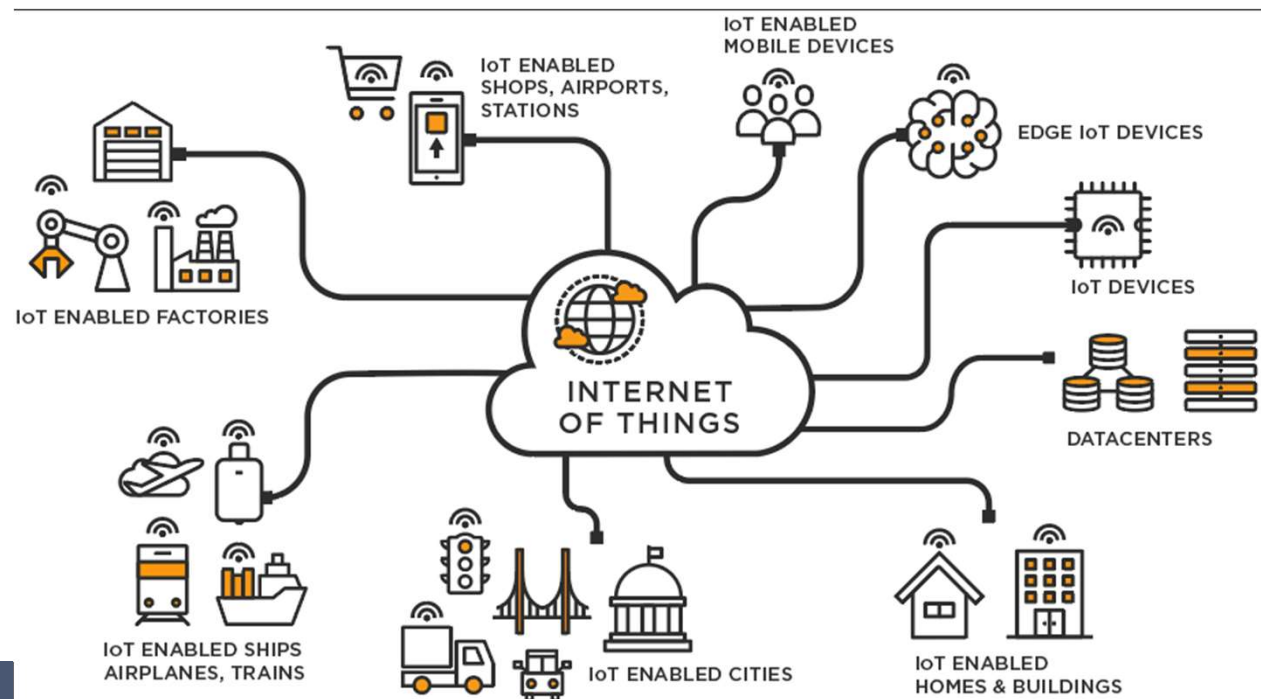


Conceito

- A Internet das Coisas, em poucas palavras, nada mais é que uma extensão da Internet atual, que proporciona aos objetos do dia-a-dia (quaisquer que sejam), mas com capacidade computacional e de comunicação, se conectarem à Internet.
- A conexão com a rede mundial de computadores viabilizará:
 - Primeiro: controlar remotamente os objetos;
 - Segundo: permitir que os próprios objetos sejam acessados como provedores de serviços.

Conceito

- Estas novas habilidades, dos objetos comuns, geram um grande número de oportunidades tanto no âmbito acadêmico quanto no industrial.
- Todavia, estas possibilidades apresentam riscos e acarretam amplos desafios técnicos e sociais.



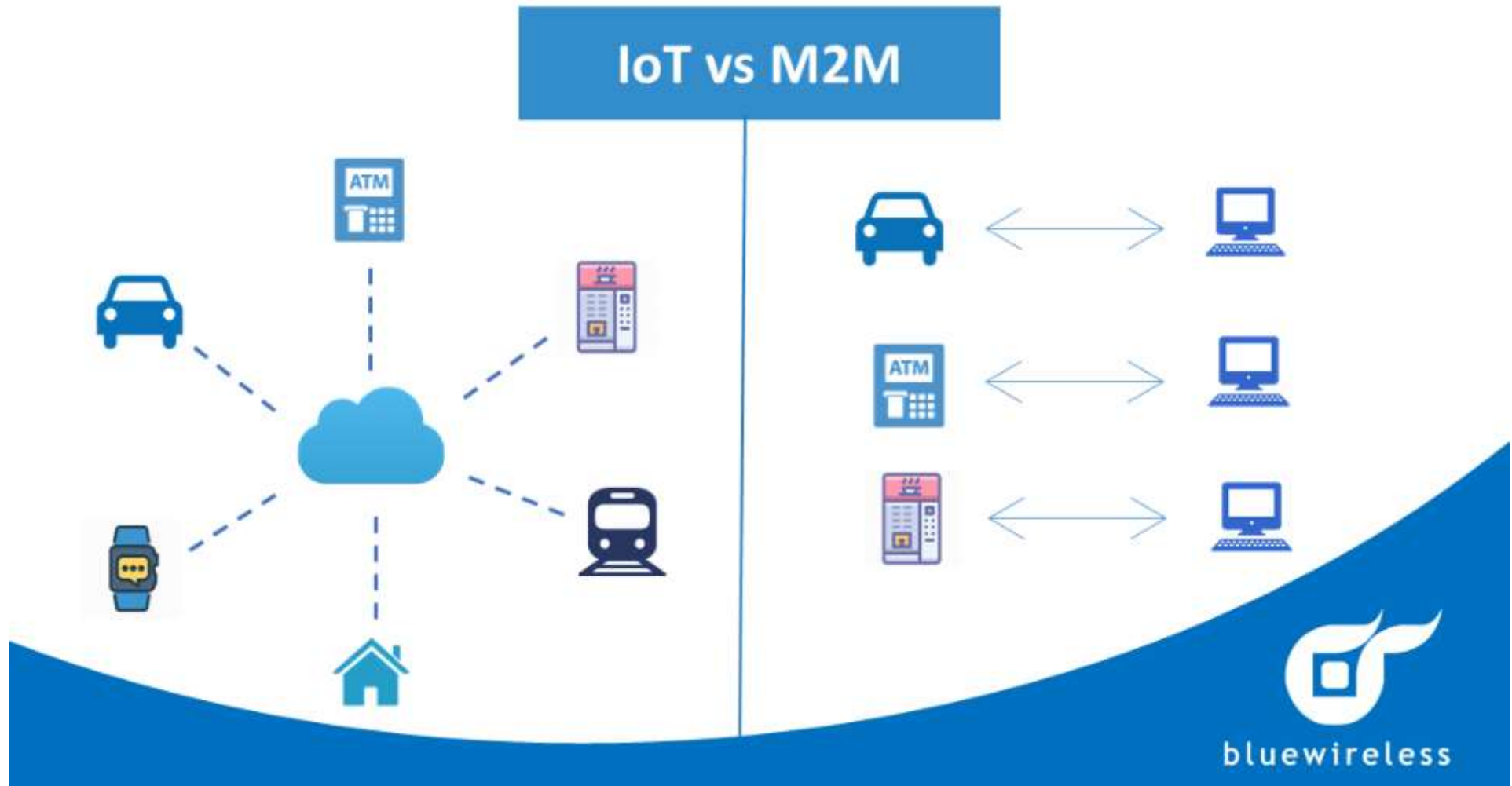
Conceito

- Atualmente, não só computadores convencionais estão conectados à grande rede, como também uma grande heterogeneidade de equipamentos tais como TVs, Laptops, automóveis, smartphones, consoles de jogos, webcams e a lista aumenta a cada dia.
- Usando os recursos desses objetos será possível detectar seu contexto, controlá-lo, viabilizar troca de informações uns com os outros, acessar serviços da Internet e interagir com pessoas.
- Concomitantemente, uma gama de novas possibilidades de aplicações surgem (ex: cidades inteligentes (*Smart Cities*), saúde (*Healthcare*), casas inteligentes (*Smart Home*)) e desafios emergem (regulamentações, segurança, padronizações).

Machine-to-Machine (M2M)

- Machine-to-Machine (M2M) refere-se a tecnologias que permitem tanto sistemas com fio quanto sem fio a se comunicarem com outros dispositivos que possuam a mesma habilidade.
- M2M usa um dispositivo (como um sensor ou medidor) para capturar um evento (como temperatura, nível de estoque, etc), que é enviado através de uma rede (sem fio, com fio ou híbrida) para uma aplicação (programa), que transforma o evento capturado em informação útil (por exemplo, itens que precisam ser rearmazenados).
- Isto é obtido com o uso da telemetria, a linguagem que as máquinas usam para comunicar entre si.

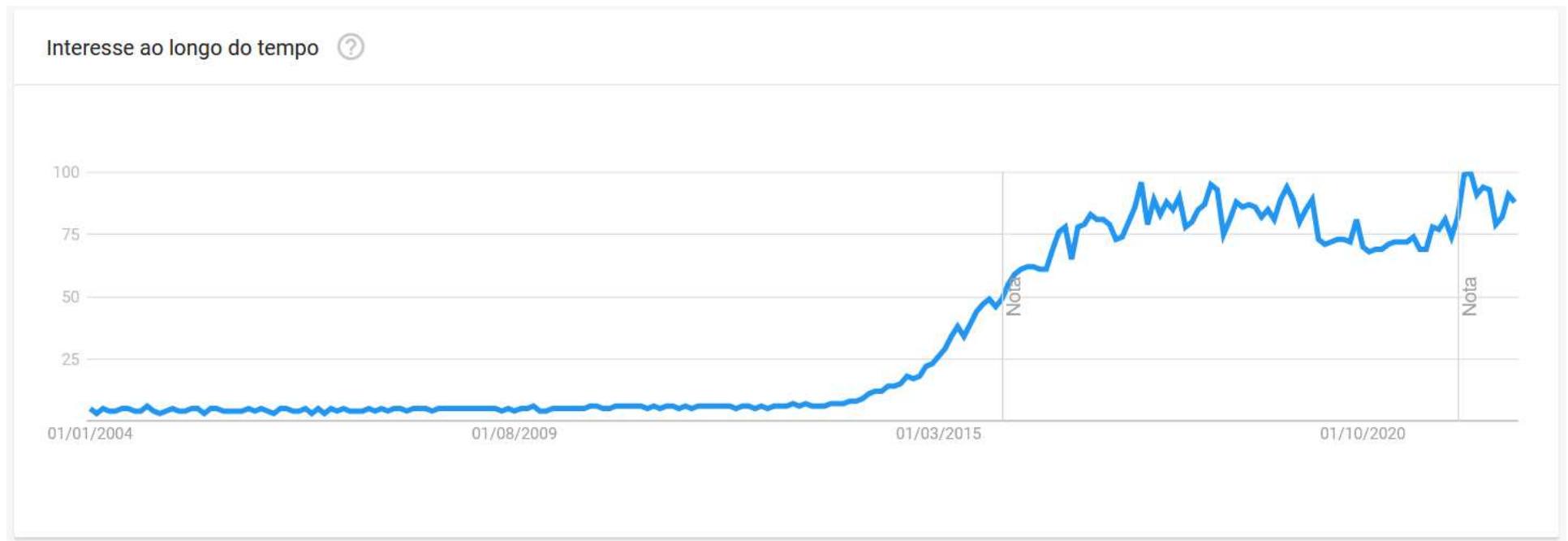
Machine-to-Machine (M2M)



Perspectiva histórica da IoT

- Kevin Ashton comentou, em junho de 2009, que o termo *Internet of Things* foi primeiro utilizando em seu trabalho intitulado “I made at Procter & Gamble” em 1999.
- Na época, a IoT era associada ao uso da tecnologia RFID. Contudo, o termo ainda não era foco de grande número de pesquisas.
- Por volta de 2005, o termo bastante procurado (tanto pela academia quando indústria) e que apresenta relação com a IoT foi Redes de Sensores Sem Fio (RSSF) (do inglês *Wireless Sensor Networks – WSN*).
- Estas redes trazem avanços na automação residencial e industrial, bem como técnicas para explorar as diferentes limitações dos dispositivos (e.g., memória e energia), escalabilidade e robustez da rede.

Perspectiva histórica da IoT



Perspectiva histórica da IoT

- A IoT foi identificada como uma tecnologia emergente em 2012 por especialistas da área;
- Em 2012, foi previsto que a IoT levaria entre cinco e dez anos para ser adotada pelo mercado e, hoje, é vivenciado o maior pico de expectativas sobre a tecnologia no âmbito acadêmico e industrial.
- Também pode-se notar o surgimento das primeiras plataformas de IoT que têm gerado uma grande expectativa de seu uso.
- Estes fatos certamente servem de incentivo para despertar a curiosidade para a área, bem como indica o motivo do interesse da comunidade científica e industrial para a IoT.

Motivação

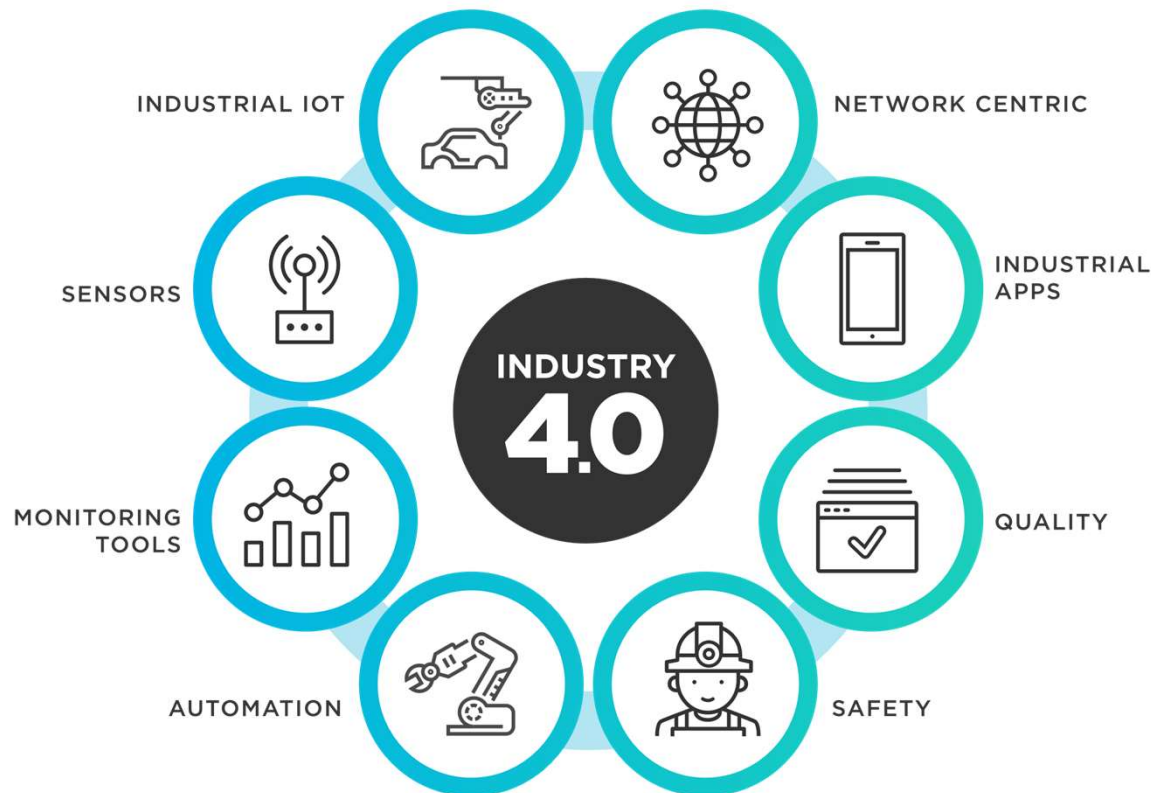
- Ao conectar objetos com diferentes recursos a uma rede, potencializa-se o surgimento de novas aplicações.
- Neste sentido, conectar esses objetos à Internet significa criar a Internet das Coisas.
- Na IoT, os objetos podem prover comunicação entre usuários, dispositivos.
- Com isto emerge uma nova gama de aplicações, tais como coleta de dados de pacientes e monitoramento de idosos, sensoriamento de ambientes de difícil acesso e inóspitos, entre outras.

Motivação

- Neste cenário, a possibilidade de novas aplicações é crescente, mas temos novos desafios de conectar à Internet objetos com restrições de processamento, memória, comunicação e energia.
- Naturalmente, nesse caso os objetos são heterogêneos, isto é, divergem em implementação, recursos e qualidade.
- Algumas das questões teóricas quanto práticas que surgem são, por exemplo, prover endereçamento aos dispositivos, encontrar rotas de boa vazão e que usem parcimoniosamente os recursos limitados dos objetos.
- Deste modo, fica evidente a necessidade da adaptação dos protocolos existentes.

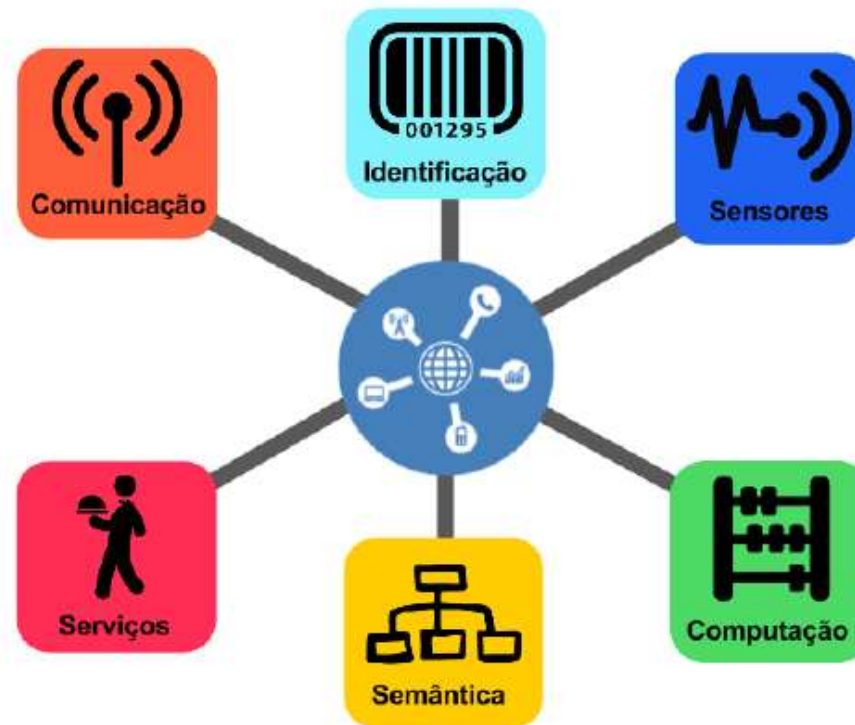
Motivação

- Além disso, sabe-se que os paradigmas de comunicação e roteamento nas redes de objetos inteligentes podem não seguir os mesmos padrões de uma rede como a Internet.



Blocos Básicos de Construção da IoT

- A IoT pode ser vista como a combinação de diversas tecnologias, as quais são complementares no sentido de viabilizar a integração dos objetos no ambiente físico ao mundo virtual.



Blocos Básicos de Construção da IoT

- Identificação: é um dos blocos mais importantes, visto que é primordial identificar os objetos unicamente para conectá-los à Internet.
 - Tecnologias como RFID, NFC (*Near Field Communication*) e endereçamento IP podem ser empregados para identificar os objetos.
- Sensores/Atuadores: sensores coletam informações sobre o contexto onde os objetos se encontram e, em seguida, armazenam/encaminham esses dados para *data warehouse*, *clouds* ou centros de armazenamento.
 - Atuadores podem manipular o ambiente ou reagir de acordo com os dados lidos.

Blocos Básicos de Construção da IoT

- Comunicação: diz respeito às diversas técnicas usadas para conectar objetos inteligentes.
- Também desempenha papel importante no consumo de energia dos objetos sendo, portanto, um fator crítico.
- Algumas das tecnologias usadas são WiFi, Bluetooth, IEEE 802.15.4 e RFID.
- Computação: inclui a unidade de processamento como, por exemplo, microcontroladores, processadores e FPGAs, responsáveis por executar algoritmos locais nos objetos inteligentes.

Blocos Básicos de Construção da IoT

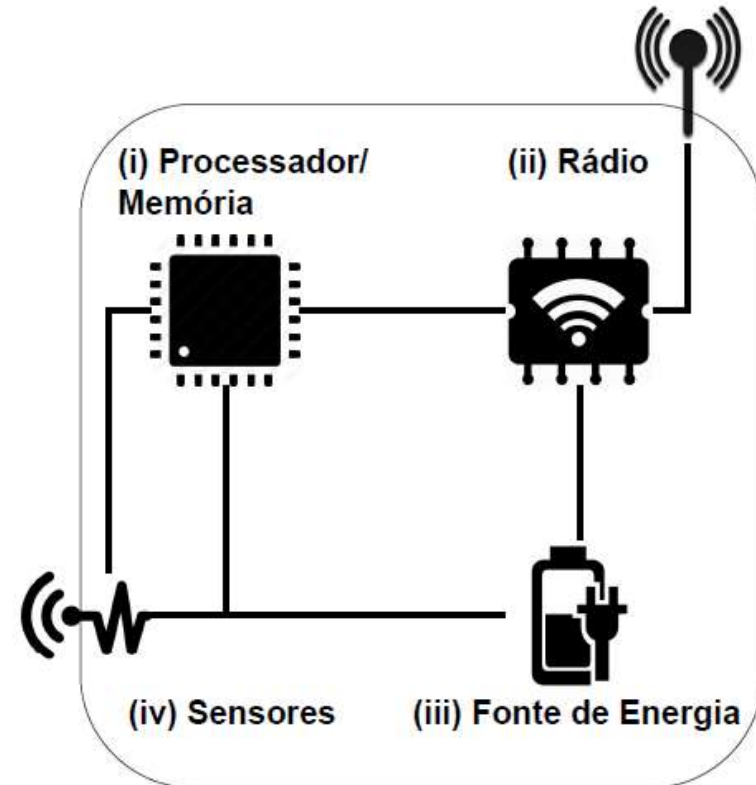
- Serviços: a IoT pode prover diversas classes de serviços, dentre elas, destacam-se os:
 - Serviços de Identificação, responsáveis por mapear Entidades Físicas (EF) (de interesse do usuário) em Entidades Virtuais (EV) como, por exemplo, a temperatura de um local físico em seu valor, coordenadas geográficas do sensor e instante da coleta;
 - Serviços de Agregação de Dados que coletam e sumarizam dados homogêneos/heterogêneos obtidos dos objetos inteligentes;
 - Serviços de Colaboração e Inteligência que agem sobre os serviços de agregação de dados para tomar decisões e reagir de modo adequado a um determinado cenário;
 - Serviços de Ubiquidade que visam prover serviços de colaboração e inteligência em qualquer momento e qualquer lugar em que eles sejam necessários.

Blocos Básicos de Construção da IoT

- Semântica: refere-se à habilidade de extração de conhecimento dos objetos na IoT.
- Trata da descoberta de conhecimento e uso eficiente dos recursos existentes na IoT, a partir dos dados existentes, com o objetivo de prover determinado serviço.
- Para tanto, podem ser usadas diversas técnicas como *Resource Description Framework (RDF)*, *Web Ontology Language (OWL)* e *Efficient XML Interchange (EXI)*.

Arquiteturas básica dos dispositivos

- A arquitetura básica dos objetos inteligentes é composta por quatro unidades:
- Processamento/memória;
- Comunicação;
- Energia e sensores;
- Atuadores.



Arquiteturas básica dos dispositivos

- Unidade(s) de processamento/memória:
- Composta de uma memória interna para armazenamento de dados e programas, um microcontrolador e um conversor analógico-digital para receber sinais dos sensores.
- As CPUs utilizadas nesses dispositivos são, em geral, as mesmas utilizadas em sistemas embarcados e comumente não apresentam alto poder computacional.
- Frequentemente existe uma memória externa do tipo flash, que serve como memória secundária, por exemplo, para manter um “log” de dados.
- As características desejáveis para estas unidades são consumo reduzido de energia e ocupar o menor espaço possível.

Arquiteturas básica dos dispositivos

- Unidade(s) de comunicação:
- Consiste de pelo menos um canal de comunicação com ou sem fio, sendo mais comum o meio sem fio.
- Neste último caso, a maioria das plataformas usam rádio de baixo custo e baixa potência.
- Como consequência, a comunicação é de curto alcance e apresentam perdas frequentes.

Arquiteturas básica dos dispositivos

- Fonte de energia:
- Responsável por fornecer energia aos componentes do objeto inteligente.
- Normalmente, a fonte de energia consiste de uma bateria (recarregável ou não) e um conversor AC-DC e tem a função de alimentar os componentes.
- Entretanto, existem outras fontes de alimentação como energia elétrica, solar e mesmo a captura de energia do ambiente através de técnicas de conversão (e.g., energia mecânica em energia elétrica), conhecidas como *energy harvesting*.

Tecnologias de comunicação - Ethernet

- O padrão Ethernet (IEEE 802.3) foi oficializado em 1983 pelo IEEE e está presente em grande parte das redes locais com fio existentes atualmente.
- Sua popularidade se deve à simplicidade, facilidade de adaptação, manutenção e custo.



Tecnologias de comunicação - Ethernet

- Atualmente, existem dois tipos de cabos: par trançado e fibra óptica, que oferecem taxas de comunicação diferentes.
 - Os cabos de par trançado podem atingir taxas de até 10 Gbps, limitados a 100m.
 - Os cabos de fibra óptica alcançam taxas de 10 Gbps, limitados a 2000m.
- O uso do padrão Ethernet é sugerido para dispositivos fixos.



Tecnologias de comunicação – Wi-Fi

- A tecnologia Wi-Fi é uma solução de comunicação sem fio bastante popular, pois está presente nos mais diversos lugares, fazendo parte do cotidiano de casas, escritórios, indústrias, lojas comerciais e até espaços públicos das cidades.
- O padrão IEEE 802.11 (Wi-Fi) define um conjunto de padrões de transmissão e codificação.
- Desde o seu lançamento em 1997, já foram propostas novas versões do padrão IEEE 802.11 e, atualmente, a versão IEEE 802.11ac prevê taxas de comunicação de 600 Mbps ou 1300 Mbps.
- O Wi-Fi foi desenvolvido como uma alternativa ao padrão cabeado Ethernet, com pouca preocupação com dispositivos que possuem consumo energético limitado, como é o caso das aplicações para IoT.

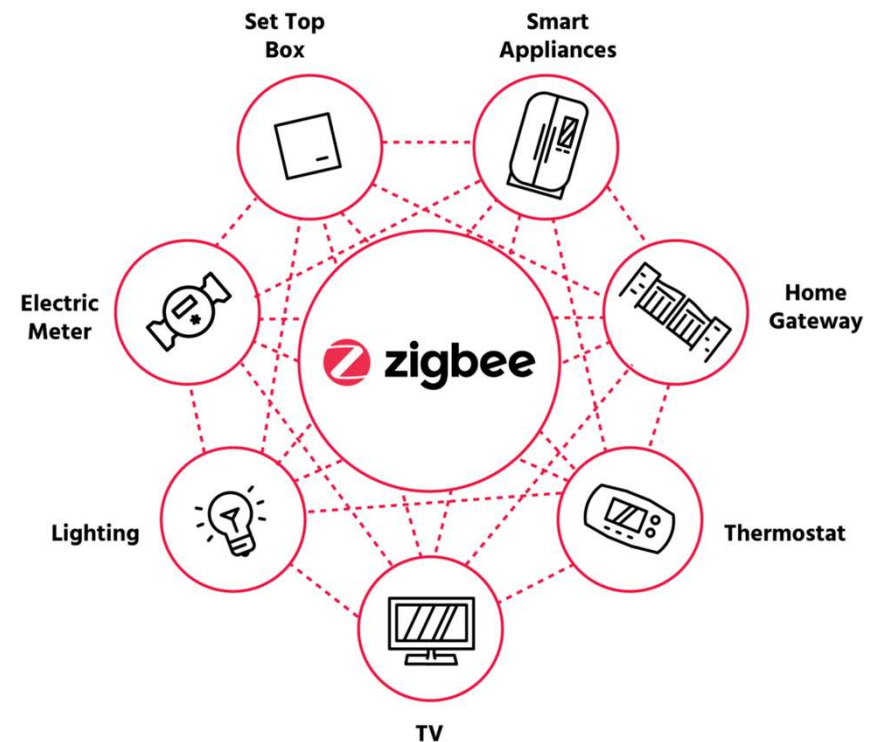
Tecnologias de comunicação – Wi-Fi

- Assim, não se espera que muitos dispositivos utilizados em IoT adotem o padrão Wi-Fi como principal protocolo de comunicação.
- Contudo, o Wi-Fi possui algumas vantagens, como alcance de conexão e vazão, o que o torna adequado para navegação na Internet em dispositivos móveis, como smartphones e tablets.
- A principal desvantagem do Wi-Fi é o maior consumo de energia, quando comparado com outras tecnologias de comunicação sem fio.



Tecnologias de comunicação – ZigBee

- O padrão ZigBee é baseado na especificação do protocolo IEEE 802.15.4 para a camada de enlace.
- As suas principais características são a baixa vazão, reduzido consumo energético e baixo custo.
- O ZigBee opera na frequência 2.4 GHz (faixa ISM), mas é capaz de operar em outras duas frequências, 868MHz e 915 MHz.
- Essa tecnologia pode alcançar uma taxa máxima de 250 kbps, mas na prática temos taxas inferiores.



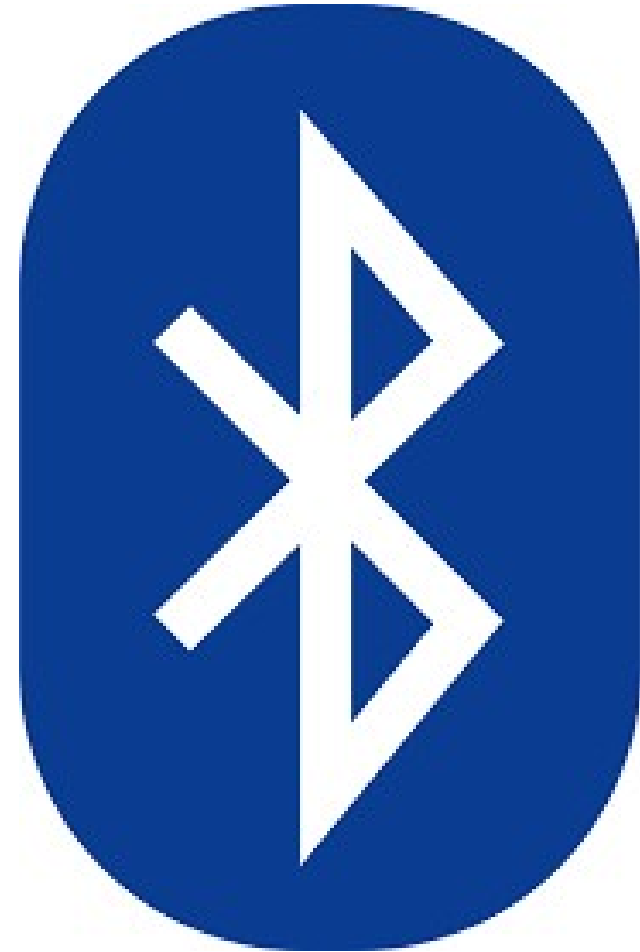
Smart Home

Tecnologias de comunicação – ZigBee

- O ZigBee também permite que os dispositivos entrem em modo sleep por longos intervalos de tempo para economizar energia e, assim, estendendo a vida útil do dispositivo.
- O padrão ZigBee é mantido pela ZigBee Alliance, organização que é responsável por gerir o protocolo e garantir a interoperabilidade entre dispositivos.
- O padrão ZigBee pode ser usado com o protocolo IP (incluindo o IPv6) e também utilizando a topologia em malha (Mesh).
- O ZigBee já é adotado em aplicações residenciais e comerciais e sua utilização em IoT depende de um gateway, dispositivo responsável por permitir a comunicação entre dispositivos que usam ZigBee e os que não usam.

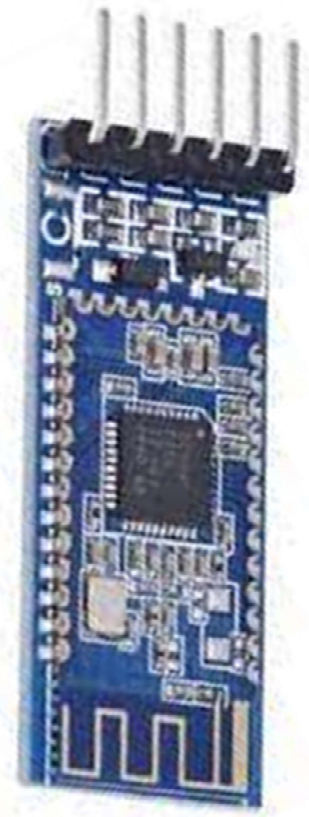
Tecnologias de comunicação – BT Low Energy

- O Bluetooth é um protocolo de comunicação proposto pela Ericsson para substituir a comunicação serial RS-232.
- Atualmente, o Bluetooth Special Interest Group é responsável por criar, testar e manter essa tecnologia.
- Além disso, Bluetooth é uma das principais tecnologias de rede sem fio para PANs – Personal Area Networks, que é utilizada em smartphones, headsets, PCs e outros dispositivos.



Tecnologias de comunicação – BT Low Energy

- O Bluetooth se divide em dois grupos: Bluetooth clássico que por sua vez se divide em Basic Rate/Enhanced Data Rate (BR/EDR), que são as versões 2.0 ou anteriores e o Bluetooth High Speed (HS), versão 3.0; e o Bluetooth Low Energy (BLE), versão 4.0 ou superior.
- As versões mais antigas do Bluetooth, focadas em aumentar a taxa de comunicação, tornou o protocolo mais complexo e, por consequência, não otimizado para dispositivos com limitações energéticas.
- Ao contrário das versões anteriores, o BLE possui especificação voltada para baixo consumo de energia, permitindo dispositivos que usam baterias do tamanho de moedas (coin cell batteries).



Tecnologias de comunicação – BT Low Energy

- Atualmente, o BLE possui três versões: 4.0, 4.1 e 4.2, lançadas em 2010, 2013 e 2014, respectivamente. BLE 4.0 e 4.1 possuem um máximo de mensagem (Maximum Transmit Unit – MTU) de 27 bytes, diferentemente da mais nova versão (BLE 4.2) que possui 251 bytes.
- Outra diferença entre as versões é o tipo de topologia de rede que cada versão pode criar.
- Na versão 4.0, apenas a topologia estrela é disponível, ou seja, cada dispositivo pode atuar exclusivamente como master ou como slave.
- A partir da versão 4.1, um dispositivo é capaz de atuar como master ou slave simultaneamente, permitindo a criação de topologias em malha.

Tecnologias de comunicação – 3G/4G/5G

- Os padrões de telefonia celular 3G/4G/5G também podem ser aplicados à IoT, em especial o 5G, que foi projetado para IoT.
- Projetos que precisam alcançar grandes distâncias podem aproveitar as redes de telefonia celular 3G/4G/5G.
- Por outro lado, o consumo energético da tecnologia 3G/4G é alto em comparação a outras tecnologias.
- Porém, a sua utilização em locais afastados e baixa mobilidade podem compensar esse gasto.
- No Brasil, as frequências utilizadas para o 3G são 1900MHz e 2100MHz (UMTS), enquanto o padrão 4G (LTE) utiliza a frequência de 2500 MHz, e o 5G, entre outras, utiliza banda C.
- A taxa de comunicação alcançada no padrão 3G é de 1 Mbps e no padrão 4G 10Mbps, no 5G, pelo menos 10x maior.

Tecnologias de comunicação – LoRaWan

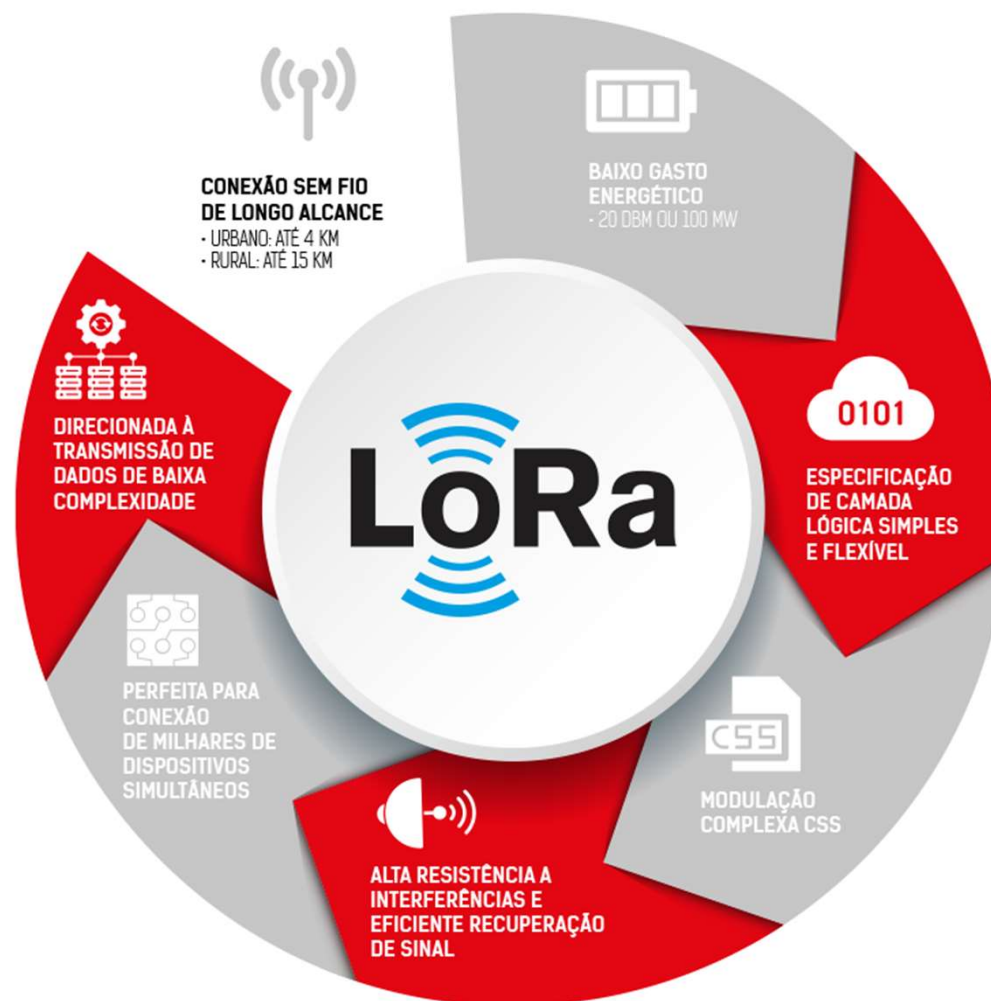
- A especificação LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) foi projetada para criar redes de longa distância, numa escala regional, nacional ou global, formada por dispositivos operados por bateria e com capacidade de comunicação sem fio.
- A especificação LoRaWan trata de requisitos presentes na IoT como comunicação segura e bi-direcional, mobilidade e tratamento de serviços de localização.
- Além disso, o padrão oferece suporte a IPv6, adaptação ao 6LoWPAN e funciona sobre a topologia estrela 6.



Tecnologias de comunicação – LoRaWan

- Além disso, o padrão oferece suporte a IPv6, adaptação ao 6LoWPAN e funciona sobre a topologia estrela 6.
- O fator atrativo do LoRAWAN é o seu baixo custo e a quantidade de empresas de hardware que estão o adotando.
- A taxa de comunicação alcança valores entre 300 bps a 50 kbps.
- O consumo de energia na LoRaWan é considerado pequena, o que permite aos dispositivos se manterem ativos por longos períodos.
- A LoRaWANs utiliza a frequência ISM sub-GHz fazendo com que as ondas eletromagnéticas penetrem grandes estruturas e superfícies, a distâncias de 2 km a 5 km em meio urbano e 45 km no meio rural.
- Os valores de frequência mais usadas pelo LoRaWan são: 109 MHz, 433 MHz, 866MHz e 915 MHz.
- O MTU adotado pelo padrão LoRaWAN é de 256 bytes.

Tecnologias de comunicação – LoRaWan



Tecnologias de comunicação – Sigfox

- O SigFox utiliza a tecnologia Ultra Narrow Band (UNB), projetada para lidar com pequenas taxas de transferência de dados.
- Essa tecnologia ainda é bastante recente e já possui bastante aceitação, chegando a dezenas de milhares de dispositivos espalhados pela Europa e América do Norte.
- A SigFox atua como uma operadora para IoT, com suporte a uma série de dispositivos.



Tecnologias de comunicação – Sigfox

- A principal função é abstrair dificuldades de conexão e prover uma API para que os usuários implementem sistemas IoT com maior facilidade.
- O raio de cobertura oficialmente relatada, em zonas urbanas, está entre 3 km e 10 km e em zonas rurais entre 30 km a 50 km.
- A taxa de comunicação varia entre 10 bps e 1000 bps e o MTU utilizado é de 96 bytes.
- O SigFox possui baixo consumo de energia e opera na faixa de 900 MHz.



Tecnologias de comunicação – RESUMO

| Protocolo | Alcance | Frequência | Taxa | IPv6 | Topologia |
|-----------|------------|--------------------|-------------|------|--------------|
| Ethernet | 100/2000 m | N/A | 10 Gbps | Sim | Variada |
| Wi-Fi | 50 m | 2.4/5 GHz | 1300 Mbps | Sim | Estrela |
| BLE | 80 m | 2.4 GHz | 1 Mbps | Sim* | Estrela/Mesh |
| ZigBee | 100 m | 915 MHz/2.4 GHz | 250 kbps | Sim | Estrela/Mesh |
| 3G/4G | 35/200 km | 1900/2100/2500 MHz | 1/10 Mbps | Sim | Estrela |
| SigFox | 10/50 km | 868/902 MHz | 10–1000 bps | – | – |
| LoraWan | 2/5 km | Sub-GHz | 0.3-50 kbps | Sim | Estrela |

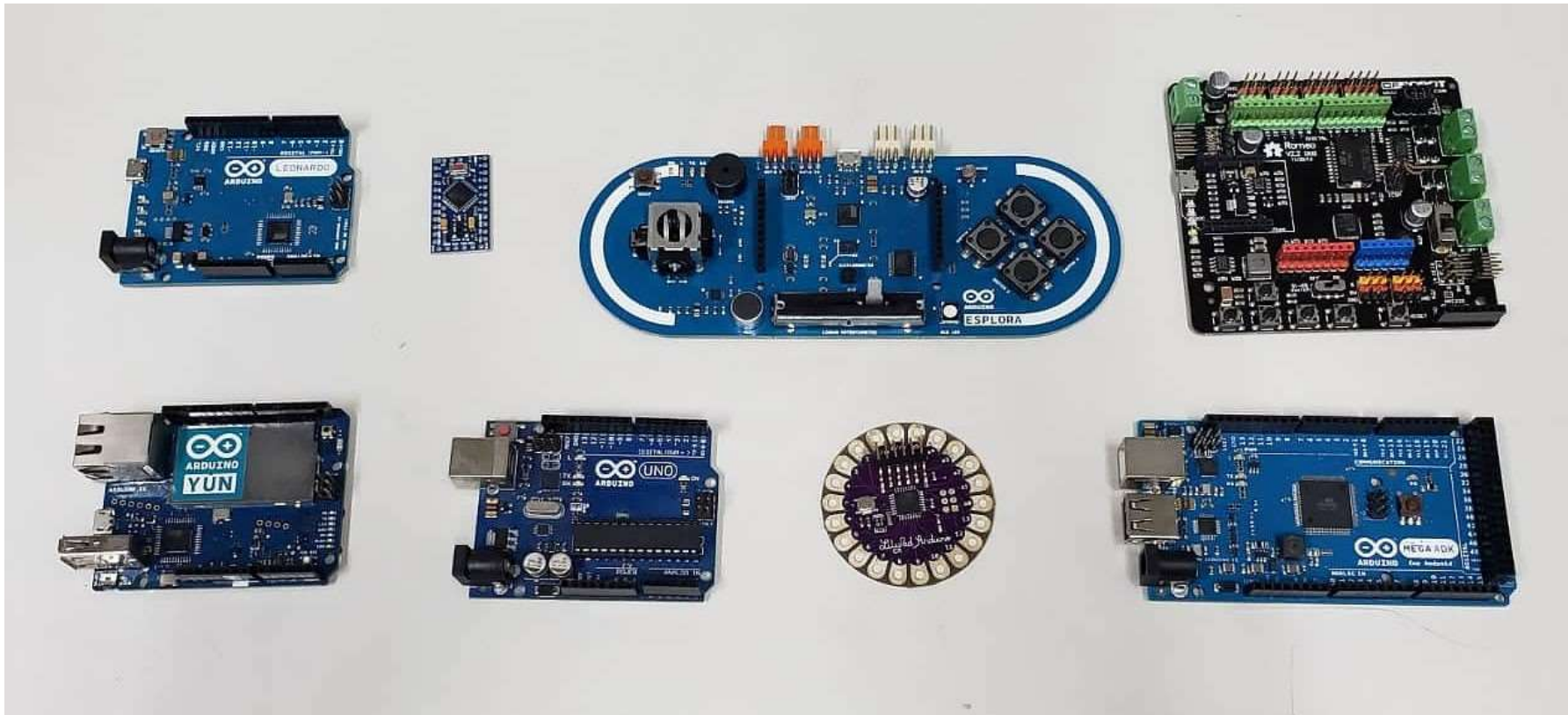
Perspectivas e desafios: objetos inteligentes

- A evolução nas tecnologias de hardware utilizadas em RFID, RSSF, e, conseqüentemente, na IoT é impressionante quando olhamos apenas a última década.
- Os dispositivos estão cada vez menores e possuem mais recursos.
- Pode-se esperar ainda que essa evolução continue e, no futuro, possivelmente veremos outras tecnologias de hardware empregadas na IoT, diferentes das de hoje.



Perspectivas e desafios: objetos inteligentes

- Atualmente, temos dispositivos inteligentes como sistemas-em-um-chip (system on a chip – SoC), que claramente é uma evolução quando analisamos os últimos 10 a 15 anos.



Arquitetura para IoT

- Para conectar bilhões de objetos inteligentes à Internet, deve-se ter uma arquitetura flexível.
- Na literatura, temos uma variedade de propostas de arquiteturas sofisticadas, que se baseiam nas necessidades da academia e indústria.
- O modelo básico de arquitetura apresenta três camadas.



Arquitetura para IoT

Arquitetura para IoT

- A primeira camada é a de objetos inteligentes ou camada de percepção.
- Esta camada representa os objetos físicos, os quais utilizam sensores para coletarem e processarem informações.
- Na camada de rede, as abstrações das tecnologias de comunicação, serviços de gerenciamento, roteamento e identificação devem ser realizados.
- Logo acima, encontra-se a camada de aplicação, a qual é responsável por prover serviços para os clientes.
- Por exemplo, uma aplicação solicita medições de temperatura e umidade para clientes que requisitam estas informações.

IP para IoT

- O protocolo IPv4 foi o padrão utilizado para endereçar os dispositivos em rede e criar a “cola” da Internet, i.e., para estar conectado à Internet era necessário ter o protocolo IP.
- No entanto, não se imaginou que a Internet cresceria e poderia ter dezenas de milhares de pontos finais em uma única sub-rede, tal como agora é previsto para a IoT.
- O crescimento da rede mundial de computadores levou ao esgotamento de endereços IPv4 disponíveis.
- Isto mostrou que o IPv4 não era escalável o suficiente para atender a demanda da IoT.



IP para IoT

| IPv4 | vs. | IPv6 |
|-------------------------------------|-----|---|
| Deployed 1981 | | Deployed 1998 |
| 32-bit IP address | | 128-bit IP address |
| 4.3 billion addresses | | 7.9×10^{28} addresses |
| Addresses must be reused and masked | | Every device can have a unique address |
| Numeric dot-decimal notation | | Alphanumeric hexadecimal notation |
| 192.168.5.18 | | 50b2:6400:0000:0000:6c3a:b17d:0000:10a9 (Simplified - 50b2:6400::6c3a:b17d:0:10a9) |
| DHCP or manual configuration | | Supports autoconfiguration |

IP para IoT

- O IPv6 é uma abordagem mais eficaz para solucionar a escassez de endereços IPv4.
- Os 32 bits alocados originalmente para o protocolo IPv4 foram expandidos para 128 bits, aumentando imensamente a quantidade de dispositivos endereçáveis na Internet.
- Na IoT, os elementos da rede são endereçados unicamente usando o IPv6 e, geralmente, têm o objetivo de enviar pequenas quantidades de dados obtidos pelos dispositivos.
- Contudo, o IPv6 tem um tamanho de pacote maior que o tamanho do quadro dos protocolos usados pelos dispositivos na IoT (o pacote IPv6 é transmitido dentro da área de dados do quadro do protocolo de acesso ao meio).
- Por exemplo, o padrão IEEE 802.15.4, usado para acesso ao meio físico de comunicação, limita os pacotes a 128 bytes.

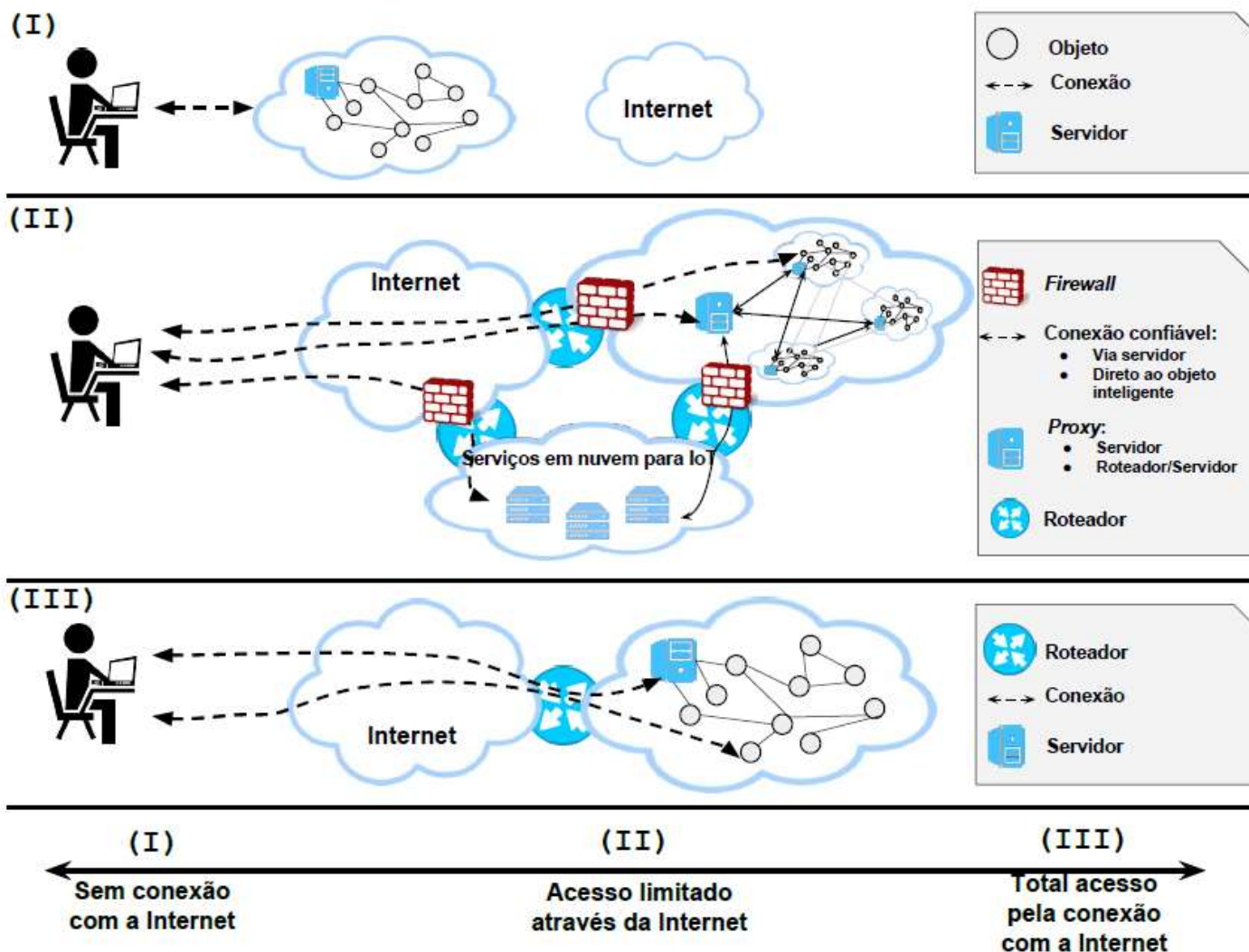
IP para IoT

- Para resolver esse problema, a IETF criou o 6LoWPAN.
- 6LoWPAN9 é uma camada de adaptação primariamente desenvolvida para o padrão IEEE 802.15.4.
- A principal ideia é realizar a compressão de pacotes IPv6 (ID-6lowpan-hc10), permitindo a dispositivos com baixo poder computacional o uso do IPv6.
- A compressão do 6LoWPAN é possível através da utilização de informações de protocolos presentes em outras camadas.
- Por exemplo, o 6LoWPAN pode utilizar parte do endereço MAC do dispositivo para atribuir um endereço IPv6 para o objeto inteligente.
- Desta forma, o 6LoWPAN requer menos bits que o IPv6 para realizar o endereçamento.

Modelos de conectividade

- As redes de objetos inteligentes serão parte de nossas vidas nos próximos anos.
- Por isso, entender as bases da IoT no que tange seus paradigmas de comunicação e modelos de conectividade é de grande importância, pois estes dois quesitos serão as chaves para construir novas aplicações para a IoT.
- Rede autônoma de objetos inteligentes(I): neste modelo a rede de objetos não possui conexão com a Internet “pública”.
- Internet estendida(II): o termo “Internet estendida” refere-se ao posicionamento “central” deste modelo de conectividade em relação à rede de objetos autônomos e a “autêntica” IoT.
- Internet das Coisas(III): este modelo, no espectro considerado, é o extremo oposto ao modelo de rede autônoma de objetos. Na IoT, os objetos inteligentes estão verdadeiramente conectados à Internet.

Modelos de conectividade



Protocolos da camada de aplicações para IoT

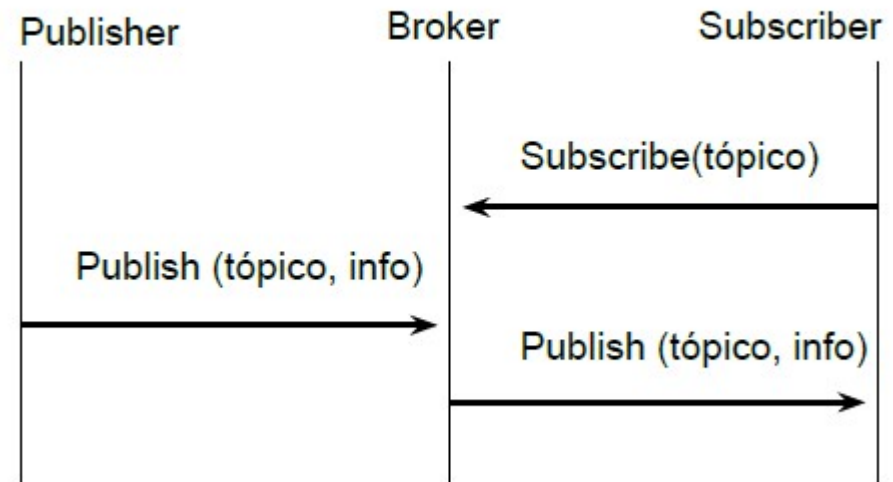
- O protocolo HTTP é usado na Internet para acessar informações seguindo a estratégia requisição/resposta no paradigma cliente/servidor.
- O HTTP foi desenvolvido para redes com computadores tipo PC.
- Diferentemente dos PCs, os dispositivos usados na IoT possuem poder computacional restrito, o que limita a utilização do protocolo HTTP nesses elementos.
- Para resolver esse problema, foram desenvolvidos dois protocolos da camada de aplicação especificamente para recuperar informações de dispositivos com baixo poder computacional: CoAP e MQTT.

Protocolos da camada de aplicações para IoT

- O Constrained Application Protocol (CoAP) é definido e mantido pelo IETF Constrained RESTful Environments (CoRE) working group.
- O CoAP define uma forma de transferir dados similares ao do HTTP tais como: GET, POST, PUT, DELETE.
- O Message Queue Telemetry Transport (MQTT) é um protocolo projetado para dispositivos extremamente limitados e utiliza a estratégia de publish/subscribe para transferir mensagens.
- O principal objetivo do MQTT é minimizar o uso de largura de banda da rede e recursos dos dispositivos.
- Além disso, o MQTT provê mecanismos para a garantia de entrega de mensagens.

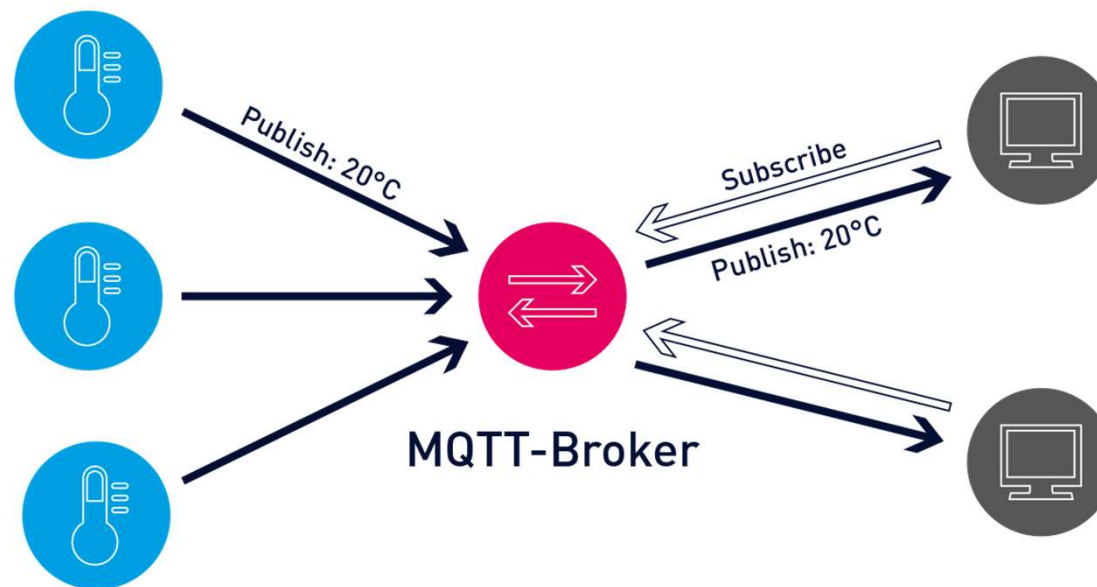
Protocolos da camada de aplicações para IoT

- MQTT utiliza os protocolos das camadas de transporte e rede da arquitetura TCP/IP.
- O cabeçalho do protocolo MQTT pode ter tamanho fixo (dois bytes) ou variável.
- Um exemplo de uma implementação open source do MQTT é o Mosquitto.
- O MQTT consiste de três componentes básicos: o subscriber, o publisher e o broker.



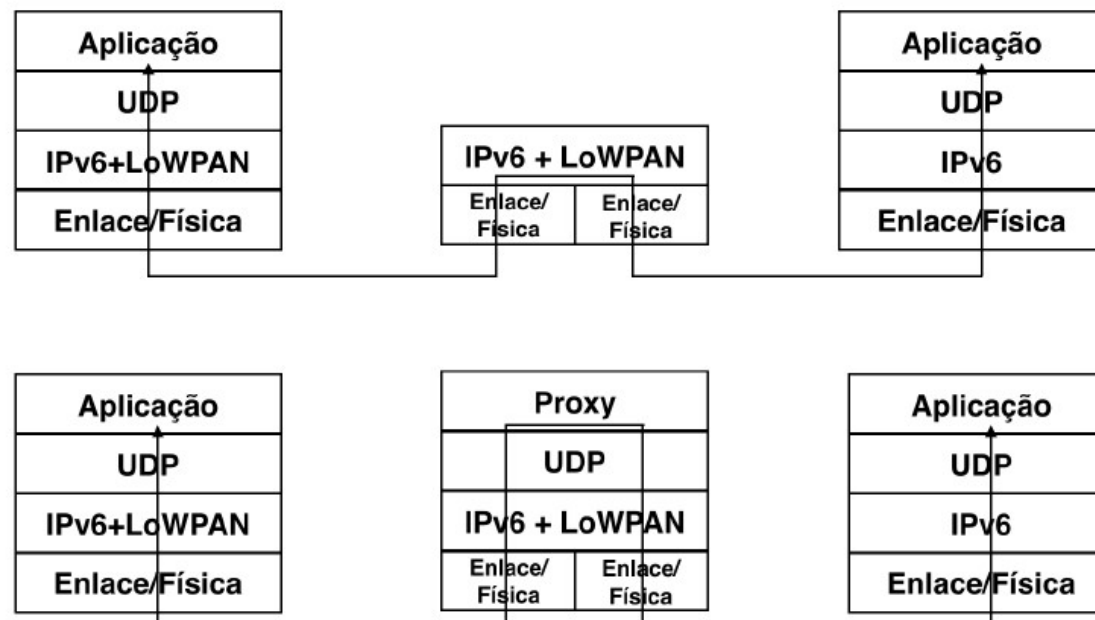
Protocolos da camada de aplicações para IoT

- Inicialmente dispositivos se registram (subscribe) a um broker para obter informações sobre dados específicos, para que o broker os avise sempre que publicadores (publishers) publicarem os dados de interesse.
- Os dispositivos inteligentes (publishers) transmitem informações para os subscriber através do broker.



Gateway

- Na IoT, é comum que os dispositivos apresentem tecnologias de comunicação heterogêneas, por exemplo BLE, ZigBee, e outros.
- Para conectar esses dispositivos à Internet, é preciso que um elemento de rede realize a tradução entre os diversas tecnologias utilizadas, este elemento é chamado de gateway.



Segurança

- Para que um sistema IoT seja seguro é preciso estabelecer quais são os objetivos de segurança desejáveis.
- Existem pelo menos três grupos de objetivos desejáveis para segurança em IoT:
- (i) confidencialidade – requisito onde os dados transmitidos podem ser “escutados” e entendidos por elementos participantes da comunicação, isto é, elementos sem autorização sabem que ocorreu comunicação, mas não sabem o conteúdo da comunicação;
- (ii) integridade – os dados não podem ser alterados por elementos da rede sem devida autorização.
- É comum que hackers adulterem mensagens sem deixar vestígios e a quebra da integridade passe despercebida.
- De modo geral, implementa-se integridade criptografando as mensagens e verificando-as no lado do receptor;

Segurança

- (iii) disponibilidade – deseja-se manter o sistema sempre disponível e seguros contra ataques maliciosos.
- Entretanto, as redes sem fio estão sujeitas a interferências de comunicação e “hackers” podem agir nesta vulnerabilidade.
- Assim, o sistema IoT deve ser capaz de identificar e tratar problemas como este para evitar ataques Denial of Service (DoS).



Segurança

- O modelo de ameaças (threat model) da IoT (6LoWPAN) é semelhante ao utilizado nos protocolos da Internet.
- Assume-se que o “hacker” possui controle sobre a rede podendo ler, alterar ou remover qualquer mensagem na rede.
- Portanto, sem o suporte à criptografia torna-se inviável proteger ou detectar adulterações indevidas no sistema.
- O suporte à segurança pode ser implementado em diferentes camadas da pilha de protocolos.
- Por exemplo, na camada de enlace pode-se aplicar o algoritmo Advanced Encryption Standard (AES) em conjunto com Counter with CBC-MAC (CCM) para manter confidencialidade a cada salto na rota entre os comunicantes.
- Entretanto, esta técnica não oferece qualquer segurança sobre a integridade dos dados.

Segurança

- Por outro lado, na camada de rede pode-se empregar o IPsec para alcançar integridade.
- No entanto, o padrão Ipsec é considerado “pesado” para as restrições dos dispositivos IoT e, assim, é preciso adaptá-lo.
- Vale mencionar que os requisitos de segurança para IoT variam de aplicação para aplicação e, assim, devem considerar um ou mais dos objetivos de segurança acima mencionados ao implementar uma aplicação.



Tendências em IoT

- Com a evolução da tecnologia, surgem soluções que promovem maior segurança e produtividade, além de simplificarem os sistemas de gestão.
- Isso resulta em redução de custos e maior qualidade dos produtos e serviços prestados pela organização, além de aumentar a fidelização e retenção de clientes.
- A Internet das Coisas, ou IoT, é uma dessas soluções e, embora não seja um conceito novo, se desenvolveu e é utilizado em diferentes aplicações, indo desde sistemas de automação que melhoram a experiência dos usuários (UX) até o desenvolvimento e integração de inteligência artificial.

Tendências em IoT

- Até 2025, conforme análise da Juniper Research, a tecnologia 5G viabilizará a aplicação de IoT em vários serviços, permitindo construções inteligentes, cidades conectadas, veículos autônomos, agricultura de precisão, benefícios à medicina, indústria 4.0, entre outros.
- A consultoria também prevê que o número total de dispositivos IoT em celulares alcançará 1 bilhão, um crescimento de mais de 320 milhões em relação a 2020.
- Isso possibilitará a oferta de diferentes padrões de conectividade.



Estímulos à IoT no Brasil

- Junto com o 5G, a Lei 14.108/2020 é impulso ao uso de IoT no país.
- Essa legislação permite, por exemplo, a conexão de itens usados no dia a dia (como eletrodomésticos) à internet, além de reduzir taxas de Fiscalização de Instalação e de Fiscalização de Funcionamento das estruturas de telecomunicações que integrem máquina-a-máquina (M2M).
- Além deste estímulo, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) está promovendo uma reavaliação da Regulamentação da IoT, com o objetivo de “diminuir barreiras regulatórias à expansão das aplicações de internet das coisas e comunicações M2M, tais como regras de qualidade, licenciamento e atendimento”.

Estímulos à IoT no Brasil

- A Associação Brasileira de Internet das Coisas (Abinc), que está participando ativamente do processo, ressalta que nenhuma indústria ficará à margem das transformações proporcionadas pela IoT.
- “O impulsionamento do ecossistema torna a tecnologia mais barata e incentiva investimentos na área. Isso significa mais escalonamento de aplicações e mais informações cruciais sobre o negócio nas mãos de líderes e gestores”, disse o seu presidente, Paulo José Spaccaquerche.



Inovação

Interoperabilidade viabiliza o Open Health



Inovação

Futurecom 2022: 5G habilita o próximo nível do setor financeiro



Inovação

Futurecom 2022: gestão pública é gargalo para cidades inteligentes



Inovação

Emissão de carbono pode ser reduzida com caminhões autônomos

Tratamento de dados

- Sistemas utilizados para promover maior segurança, como reconhecimento facial, ou que possibilitem a identificação de usuários com o objetivo de melhorar experiências, armazenam dados pessoais, e isso amplia a necessidade de preservar o uso dessas informações, em linha com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD).
- Ao mesmo tempo em que questões éticas e legais merecem atenção redobrada, os dados gerados por IoT também passam a ter grande valor competitivo para as organizações.
- Portanto, será necessário encontrar o equilíbrio entre esses dois aspectos, com a adoção de políticas rígidas para preservar a privacidade e uso apenas de dados consentidos.

Cidades e mobilidade inteligente

- A IoT é uma ferramenta essencial para a gestão das smart cities, otimizando o fornecimento de energia e os serviços de iluminação pública, água e saneamento, por exemplo.
- A mobilidade também é favorecida com sistemas de segurança e videomonitoramento remoto, sinalização inteligente e sincronizada e até para a adoção de veículos autônomos, que precisam de conexões robustas e estáveis para operarem.
- Ainda dentro do quesito mobilidade, os veículos elétricos, que tendem a ter maior participação na frota nos próximos anos, também se beneficiarão da tecnologia.

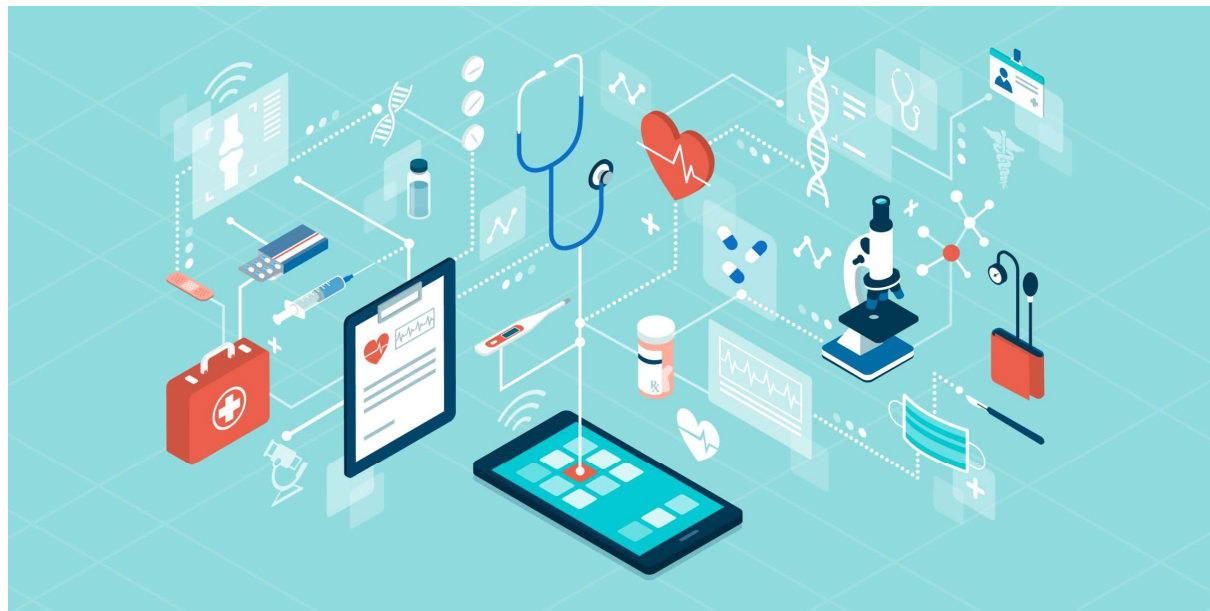
Cidades e mobilidade inteligente

- O acesso a dados do trajeto (como condições da pista, as quais afetam o consumo de energia da bateria) é essencial para que o condutor planeje a viagem e estabeleça paradas para recarga.
- A adoção de sistemas que possibilitem tais informações é uma estratégia importante para as montadoras melhorarem a experiência do usuário.



Maior eficiência em saúde e telemedicina

- Telemedicina, videocirurgias e monitoramento de pacientes à distância são realidades cada vez mais difundidas com a integração de sistemas digitais através da IoT.
- Além disso, a tecnologia permite o uso de hardwares de predição de falhas em equipamentos, sistemas de localização de pessoas e controle da utilização de oxigênio, entre outras possibilidades.



Benefícios ao agronegócio

- Hoje, alguns segmentos da agricultura já utilizam veículos e máquinas agrícolas autônomas.
- No entanto, com a disseminação da tecnologia e redes mais robustas, será possível ampliar os controles.
- Os gestores podem, por exemplo, identificar a localização de rebanhos, obter informações sobre a saúde e peso dos animais, entender a necessidade ou não de irrigação em determinadas áreas, as condições de galpões de armazenamento de grãos, entre outros detalhes que otimizam os resultados do negócio.



Benefícios ao agronegócio

- O mercado agropecuário é considerado um dos prioritários pelo Plano Nacional de Internet das Coisas.
- De acordo com um estudo do McKinsey Global Institute, o campo brasileiro pode experimentar impacto positivo superior a US\$ 21 bilhões até 2025 com projetos de transformação digital.



Indústria 4.0

- A modernização das fábricas com a automatização das operações contribui para o aumento da produtividade, melhor controle e uso racional dos dispositivos.
- Assim, qualquer problema é identificado mais rapidamente, evitando interrupções não programadas e que acarretam em atrasos e prejuízos, além de maior risco à segurança no chão de fábrica.
- A pesquisa 4.0 Industrial IoT: Future Market Outlook, Technology Analysis & Key Players 2020-2025, da Juniper Research, aponta que as redes 5G e LPWA (Low Power Wide Area) serão essenciais para a criação do conceito de 'fábrica inteligente'.

Indústria 4.0

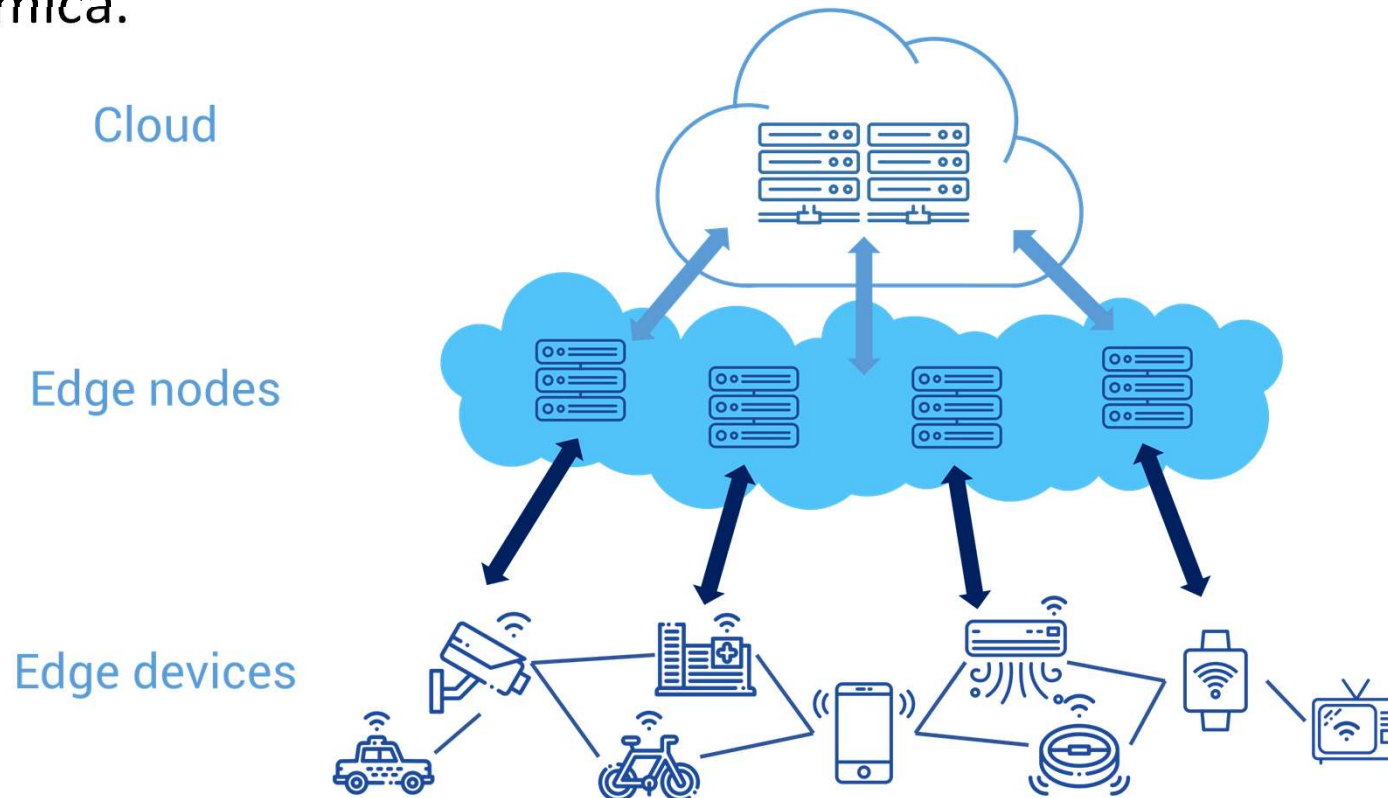
- A modernização das fábricas com a automatização das operações contribui para o aumento da produtividade, melhor controle e uso racional dos dispositivos.
- Assim, qualquer problema é identificado mais rapidamente, evitando interrupções não programadas e que acarretam em atrasos e prejuízos, além de maior risco à segurança no chão de fábrica.
- A pesquisa 4.0 Industrial IoT: Future Market Outlook, Technology Analysis & Key Players 2020-2025, da Juniper Research, aponta que as redes 5G e LPWA (Low Power Wide Area) serão essenciais para a criação do conceito de 'fábrica inteligente'.

Indústria 4.0



Nova Edge Computing

- Com a IoT, a tendência é de que a arquitetura de borda (Edge) evolua para uma arquitetura não estruturada, composta de uma ampla variedade de itens e serviços conectados em uma malha dinâmica.



Arduino na automação

- Um dos projetos mais cobijados pelos amantes da tecnologia é a automação residencial com Arduino, onde, por meio de aplicativos, comandar a casa como um todo, permitindo abrir e fechar cortinas e janelas motorizadas, ligar e desligar televisores em horários pré-definidos, comandar ventiladores, e tudo mais, isso diretamente do celular, tablet ou computador.



Arduino na automação

- Grandes coisas em automação podem ser feitas adicionando ao Arduino um Ethernet Shield, permitindo transformar o pequeno microcontrolador em um dispositivo conectado à internet, capaz de mudar o estado de luzes, TVs, praticamente qualquer coisa que pode pensar, ligado e desligado, utilizando uma interface baseada em browser ou um temporizador.



Uso e aplicação

- A plataforma Arduino foi criada em 2005 como uma grande alternativa para o ensino e aprendizagem de microcontroladores.
- De fácil utilização, é considerada uma grande revolução na popularização da programação e no universo da IOT (internet das coisas).
- É interessante aprender a utilizar essa plataforma, pois o mercado de trabalho está a cada dia mais interessado em profissionais com capacidade de compreensão do funcionamento de dispositivos automatizados e interligados entre si.
- Com a plataforma Arduino é possível criar projetos completos de automação e produtos de fácil utilização e baixo custo.
- Isso dará a possibilidade de pesquisar e criar novos dispositivos para estudo ou comercialização.

Como Começar?

- Para o melhor se encaixar nesse mercado, bem como compreender melhor as necessidades das aplicações, alguns conhecimentos são interessantes:
- 1 – Básico de eletrônica.
- 2 – Programação em C e C++ ou Python.
- 3 – Entender o funcionamento de microcontroladores:
 - Arduíno;
 - Esp32;
 - PIC e outros;

Bibliografia

- Internet das Coisas: da Teoria à Prática - Bruno P. Santos(UFMG), Lucas A. M. Silva (UFMG), Clayson S. F. S. Celes (UFMG), João B. Borges Neto (UFMG), Bruna S. Peres (UFMG), Marcos Augusto M. Vieira (UFMG), Luiz Filipe M. Vieira (UFMG), Olga N. Goussevskaia (UFMG) e Antonio A. F. Loureiro (UFMG). Em XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC 2016).
- MONK, Simon. Programação com Arduino. Porto Alegre – RS. Editora: Bookman – 2017. ISBN: 9788582604465
- VIDAL, Vitor, Gustavo Murta. Arduino Start. Eletrogate – 2018. Belo Horizonte – MG. Disponível em: <https://conteudo.eletrogate.com/apostila-arduino-start>.
- MALVINO, Albert Paul. Eletrônica: Volume 1. 4.ed. São Paulo – SP: Makron Books, 1997. ISBN: 8534603782.
- SENAI, Senai SP. FUNDAMENTOS DE ELETRONICA - 1ªED. Editora: Senai SP – São Paulo 2015. ISBN: 9788583932086