

Objetos Inteligentes Conectados

Professor Dr. Wilian França Costa





Sumário



INTRODUÇÃO À INTERNET DAS COISAS	3
1. INTRODUÇÃO	3
1.1. O PROJETO (ARTIGO E VIDEODEMONSTRAÇÃO)	
2. A INTERNET DA COISAS (IOT) E SEUS OBJETOS INTELIGENTES CONECTA	4DOS 5
2.1. MAS AFINAL, O QUE É A INTERNET DAS COISAS?	5
2.2. HISTÓRIA DA IOT	6
2.3. CARACTERÍSTICAS DA IOT	
2.4. CENÁRIO ATUAL	11
2.5. IOT E M2M	12
2.6. EIXOS DE APLICAÇÃO DA IOT	13
2.7. QUESTÃO DE COLETA DE DADOS PARA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO	
2.8. CAMADAS IOT: ORGANIZAÇÃO E INTERCONEXÕES	
REFERÊNCIAS	

OBJETOS INTELIGENTES CONECTADOS

INTRODUÇÃO À INTERNET DAS COISAS

"Quando o wireless for perfeitamente aplicado, toda a terra será convertida em um enorme cérebro, o que de fato é, todas as coisas sendo partículas de um todo real e rítmico e os instrumentos através dos quais devemos ser capazes de fazer isso será incrivelmente simples em comparação com nosso telefone atual. Um homem poderá carregar um no bolso do colete."

Nikola Tesla em entrevista à revista Colliers, 1926.

1. INTRODUÇÃO

Bem-vindo ao componente Objetos Inteligentes Conectados. Aqui, você será apresentado aos principais conceitos relacionados à Internet das Coisas e aos Sistemas Embarcados. Na primeira aula, estudaremos as principais definições sobre a Internet das Coisas (IoT) e analisaremos as tendências e influências atuais. Na segunda aula, trabalharemos as principais definições relacionadas aos Sistemas Embarcados, seus componentes de hardware, software e firmware. Em nossa terceira aula, teremos a apresentação da plataforma de prototipagem eletrônica Arduino, suas características, os ambientes de desenvolvimento e o uso de bibliotecas, com exemplos práticos tratado do uso de sensores e atuadores.

O curso finaliza com o estudo e desenvolvimento de formas de comunicação entre os dispositivos e o uso de protocolos de comunicação com a Internet em nossa quarta aula.



1.1. O PROJETO (ARTIGO E VIDEODEMONSTRAÇÃO)

Durante a execução das aulas, você deverá desenvolver um projeto prático no qual deverá apresentar, ao final do semestre, a descrição do projeto em formato de **artigo científico** e, junto a ele, um **vídeo** contendo a apresentação do funcionamento do protótipo proposto. No decorrer das aulas, serão apresentados exercícios que auxiliarão no entendimento dos assuntos apresentados e na elaboração do projeto final.

1.2. REQUISITOS

O componente não exige que você tenha conhecimentos prévios sobre eletrônica, apenas os conhecimentos sobre eletricidade adquiridos no ensino médio (Lei de Ohm etc.). Entretanto, recomendamos fortemente a consulta de todas as folhas de dados (*datasheets*) dos componentes utilizadas nos projetos, de modo a evitar a queima dos respectivos componentes por mau uso.

1.3. QUAL HARDWARE ESCOLHER?

Devido a características do componente, um kit básico com a plataforma Arduino ou NodeMCU/ESP32 deverá ser adquirido por você para a execução do trabalho final, que deverá ser executado (montado) fisicamente, principalmente durante as Aulas 3 e 4. Os componentes (Arduino ou nodeMCU ou ESP32, sensores, atuadores e outros) devem ser selecionados após a definição do problema que será desenvolvido. Esta definição deverá ser finalizada durante as Aulas 1 e 2.



2. A INTERNET DA COISAS (IOT) E SEUS OBJETOS INTELIGENTES CONECTADOS

Falemos agora sobre o histórico de como os termos Internet das Coisas e objetos inteligentes foram construídos ao longo do tempo e como estes conceitos continuam evoluindo.

2.1. MAS AFINAL, O QUE É A INTERNET DAS COISAS?

Atualmente, o termo Internet das Coisas tornou-se bastante popular. Ao contrário de muitos termos que entraram na moda, os conceitos relativos à Internet das Coisas descrevem uma tendência importante e de efeitos duradouros para a sociedade.

Hoje em dia, basicamente qualquer item que você tenha em sua casa pode ser controlado via Internet pelo seu smartphone. A utilização dos assistentes pessoais, como Google Assistant, Amazon Alexa ou Apple Siri, popularizou definitivamente o uso de objetos inteligentes e o aparecimento de diversos produtos que podem ser integrados com estes assistentes para que sejam controlados por comandos de voz ou automatizem tarefas em sua residência. Acender ou apagar as luzes de um cômodo e acionar um aparelho de som ou TV são tarefas corriqueiras de quem possui um destes assistentes instalados, com a vantagem de exigir quase nenhum conhecimento técnico.

O termo "Internet das coisas" em si pode significar uma variedade de ideias, dependendo da motivação e do background da pessoa que está apresentando os conceitos. Podemos definir que, de um ponto de vista prático, a IoT é o uso de dispositivos conectados em rede, incorporados ao ambiente físico, para melhorar alguns processos existentes ou ativar um novo cenário que antes não era possível.

Figura 1 – Diagnóstico em culturas agrícolas utilizando realidade virtual / realidade aumentada



AULA 1 - Objetos Inteligentes Conectados

2.2. HISTÓRIA DA IOT

"A Internet das Coisas é um sistema onde a Internet está conectada ao mundo real através de sensores ubíquos."

Kevin Ashton, RFID Journal, 2009.

"A Internet das Coisas é uma rede composta por diferentes tipos de Sensores, Atuadores e outros pequenos dispositivos. Esses gadgets são associados à Web e trocam informações sem mediação humana."

Mihir Mehta, Kajal Patel, "A review for IoT authentication", Materials Today: Proceedings, 2020.

A primeira citação apresenta o que podemos indicar como o início da popularização dos conceitos relacionados à IoT, e a segunda, como a visão que temos hoje.

Em termos de prova de conceito para uso comercial, Kevin Aston foi um dos primeiros a demonstrar uma tecnologia que pudesse ser utilizada para identificar objetos e fazer uso da Internet para monitorar dispositivos empregando sensores.¹

Kevin é conhecido por ter cunhado o termo "Internet das Coisas" ao fazer uma apresentação para a Proctor & Gamble, demonstrando o uso de tags RFID para o gerenciamento de produtos em sistemas interligados a internet (HARWOOD, 2019).

Entretanto, destacamos alguns marcos históricos:

• 1982 – O primeiro caso de "coisa" conectada a internet: The Internet Coke Machine, desenvolvida na Universidade Carnegie Mellon nos EUA.



¹ Sensores são dispositivos que transformam grandezas físicas ou sinais em grandezas elétricas que podem ser lidas por dispositivos eletrônicos.

Figura 2 – Primeira "coisa" conectada à Internet: Máquina de Coca-Cola em um refeitório na universidade Carnegie Mellon nos EUA



Fonte: CMU (2005).

A primeira Internet Coke Machine desse tipo foi criada em 1982 pelos alunos da Carnegie Mellon University: Mike Kazar, David Nichols, John Zsarnay e Ivor Durham, no departamento da Escola de Ciência da Computação. A página oficial (CMU, 2005) resume a história do conceito e de como a ideia foi executada:

Eles instalaram micro interruptores na máquina de Coca para detectar quantas garrafas estavam presentes em cada uma de suas seis colunas de garrafas. Os switches foram conectados ao CMUA, o PDP-10 que era então o computador do departamento principal. Um programa de servidor foi escrito para controlar o estado da máquina de Coca-Cola, incluindo há quanto tempo cada garrafa estava na máquina. Ao executar o programa de consulta de status complementar, você obterá uma tela que pode ser semelhante a esta:

VAZIO VAZIO 1h 3m

FRIO FRIO 1h 4m

Esta mensagem informava que a Coca gelada poderia ser consumida pressionando o botão inferior esquerdo ou inferior central, enquanto as garrafas de baixo nas duas colunas da direita foram carregadas cerca de uma hora antes, portanto ainda estavam quentes. (Acho que o visor mudou para apenas "FRIO" após a garrafa estar lá por 3 horas.)

Essa ferramenta da Internet oferecia uma verificação em tempo real da máquina de vendas por meio de um comando "finger coke@cmu.edu" e usava a <u>ARPANET</u>, antes de ser substituída pelos protocolos da World Wide Web em meados da década de 1990.

• 1991 – Mark Weiser escreveu seu hoje famoso artigo sobre Computação Ubíqua denominado "The Computer of the 21st Century", o que praticamente definiu a visão atual sobre a Internet das Coisas. Mark afirma em seu artigo que "as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se entrelaçam na trama da vida cotidiana até que sejam indistinguíveis." Assim, em todos os processos, em todas as nossas atividades, a tecnologia estaria inserida. Pense bem, em quais atividades do seu dia atualmente você executou algo que não envolvesse algum item tecnológico?"

Figura 3 – Mark Weiser (1952-1999): definiu o termo computação ubíqua

Fonte: Wikimedia Commons

• **1999** – Kevin Ashton, na época diretor executivo do MIT Auto-ID Center, cunha o termo "Internet das Coisas" ao fazer uma apresentação para a Proctor & Gamble, demonstrando o uso de tags RFID para o gerenciamento de produtos em sistemas interligados à internet.

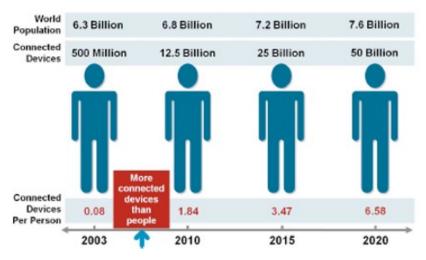




Fonte: Citacoes.in

• 2008/2009 – Nascimento da IoT, segundo um relatório divulgado em 2011 pelo Cisco Systems. O documento indicava que, a partir destes anos, o número de dispositivos conectados à internet ultrapassou o número de pessoas conectadas. A previsão, na época, era de que, em 2020, teríamos 50 bilhões de dispositivos conectados.

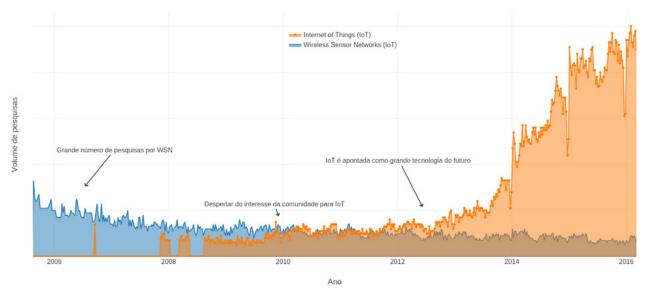
Figura 5 – Relatório indicando que, a partir de 2008/2009, mais "coisas" estariam se comunicando pela internet do que pessoas



Fonte: Cisco Systems (2011).

• **2010** – As buscas no Google sobre o termo IoT ultrapassam as pesquisas sobre as redes de sensores sem fio (RSSF).

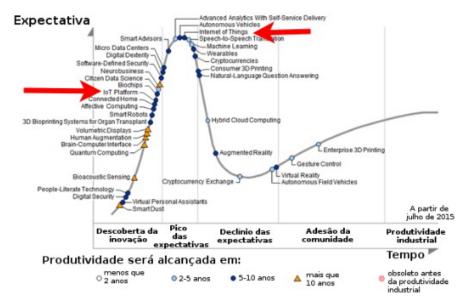
Figura 6 – Volume de pesquisas no Google sobre Wireless Sensor Networks e Internet of Things



Fonte: SANTOS et al. (2016).

• **2012** – ITU publica a recomendação ITU-T Y.2060, que fornece uma visão geral da Internet das Coisas (IoT). Ainda nesse ano, a consultoria Gartner indicou a Internet das Coisas como uma tecnologia emergente. A Figura 7 apresenta uma maneira de representar o surgimento, a adoção, a maturidade e o impacto de diversas tecnologias chamadas de Hype Cycle ou "Ciclo de Interesse".

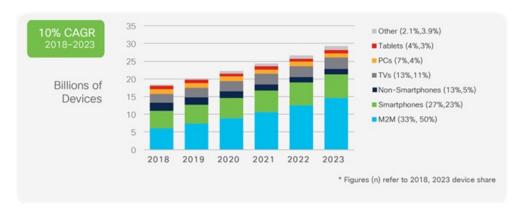
Figura 7 – Gartnet Hype Cycle (Ciclo de Interesse) no ano de 2012. Previa-se que a tecnologia levaria de 5 a 10 anos para chegar ao platô de produtividade



Fonte: SANTOS et al. (2016).

• **2020** – Em seu relatório anual, a Cisco atualiza suas previsões, indicando que, até 2023, teremos cerca de 3,6 dispositivos por pessoa no planeta, ou cerca de 29,3 bilhões de dispositivos conectado à Internet (CISCO, 2020).

Figura 8 – Relatório da Cisco Systems (2018-2023): Teremos, em 2023, mais de 3,6 dispositivos conectados por pessoa no planeta



Fonte: Cisco (2020).

2.3. CARACTERÍSTICAS DA IOT

Podemos indicar como principais características da IoT:

- Utilização de sensores para obter informações do meio em que os objetos estão a qualquer hora e qualquer lugar.
- Transmissão de dados segura, por uma variedade de redes de comunicações e diferentes interfaces.
- Processamento inteligente, utilizando computação em nuvem, aprendizado de máquina e inteligência artificial para processamento, análise de dados e tomada de decisões.



2.4. CENÁRIO ATUAL

A loT está evoluindo como uma estrutura distribuída, de vários fornecedores e plataformas com heterogeneidade nos níveis de dispositivo, rede, dados e serviços. Houve um progresso significativo na padronização de tecnologias de comunicação sem fio e no fornecimento de soluções eficientes para dispositivos loT de baixo consumo de energia e recursos limitados. Os padrões IETF Core e IPv6 sobre Low Power Wireless Personal Area Networks (6LowPAN), Low Power Wide Area Network (LPWAN) e Zigbee 3.0 são exemplos desses esforços.

A comunicação de dados IoT é, hoje, uma parte integrante das comunicações móveis e as futuras gerações de comunicações móveis e redes 5G foram e estão sendo projetadas para suportar voz, dados de texto e multimídia e, também, comunicações máquina a máquina (M2M), veículos conectados, conexão e controle para quaisquer dispositivos IoT, incluindo dispositivos com recursos limitados e padrões de dados intermitentes. Esses padrões e sistemas estão sendo implantados nos setores público e privado.

A Figura 9 apresenta alguns dos principais perfis e cenários IoT que compõem o padrão ITU-IMT 2020 (popular 5G); observe que vários casos de uso possuem múltiplos tipos de interações e/ou características em relação aos requisitos de rede.

Use Cases Today 2020 10x - 100xenhanced Mobile Cloud Virtual Reality / Augmented Reality (CO User Data Rates Mobile Broadband UHD Video Calling Virtual Meeting (eMBB) 1000x Data Volumes massive Machine-Smart Homes / Smart Cities Type Communications 10x – 100x (mMTC) Connected Devices Networking ultra-reliable Low-÷10 Latency Communications Latency (urLLC) 2022

Figura 9 – Alguns casos de uso agrupados pelos tipos de interação e requisitos mínimos de desempenho

Adaptado de: 5G Americas (2017).

2.5. IOT E M2M

Desde a década de 1960, temos a comunicação entre máquinas ou *Machine to Machine* (M2M). No princípio, utilizava-se, principalmente, a rede de telefonia. Com o surgimento da rede de telefonia celular, foi natural que a comunicação M2M passasse a utilizar também estas redes, principalmente com o desenvolvimento de módulos de comunicação GSM por empresas como Siemens e outras. Suas primeiras aplicações incluíam, principalmente, o rastreamento de veículos impulsionados pelo uso do GPS para geolocalização.

Assim, você deve estar se perguntando: M2M e IoT são nomes diferentes para o mesmo conceito?

O que podemos afirmar é que o acesso remoto a um dispositivo ou máquina é uma das características em comum; entretanto, existem alguns conceitos que separam esses dois mundos. Na M2M, por exemplo, são utilizadas redes de comunicação ponto a ponto (com ou sem fio), também chamadas de redes *ad-hoc*, destinadas apenas a este propósito: conectar as duas máquinas. Em contrapartida, as redes IoT são construídas com redes baseadas no protocolo IP e, muitas vezes, utilizam interfaces de dados baseadas em plataformas em nuvem (*cloud computing*) (SANTOS et al., 2016).

2.6. EIXOS DE APLICAÇÃO DA IOT

Para visualizarmos as aplicações em IoT, encontramos, na literatura, as aplicações em IoT divididas em seis grandes eixos, apresentados na Figura 10.

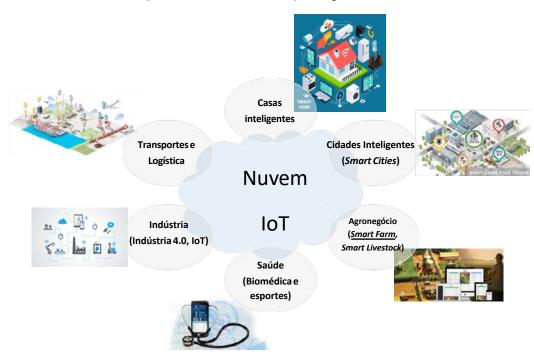


Figura 10 - Eixos de aplicação da IoT

Fonte: Elaborada pelo autor

Você sabia que a maioria dos dispositivos inteligentes de IoT não está em sua casa ou em seu telefone?

Eles estão em fábricas, empresas e serviços de saúde. Por quê? Porque os objetos inteligentes fornecem a esses setores os dados vitais necessários para rastrear inventário, gerenciar máquinas, aumentar a eficiência, economizar custos e até salvar vidas. Segundo a Intel, até 2025, o valor global total da tecnologia da Internet das Coisas poderá chegar a US\$ 6,2 trilhões – a maior parte desse valor está em dispositivos de assistência médica (US\$ 2,5 trilhões) e manufatura (US\$ 2,3 trilhões).

2.7. QUESTÃO DE COLETA DE DADOS PARA GERAÇÃO DE CONHECIMENTO

Para as empresas e organizações, a loT não se trata apenas da coleta e publicação de dados do mundo físico, mas, principalmente, do processamento dos dados coletados em massa e da execução de análises para obtenção de insights sobre o uso dos objetos, o ambiente físico e o comportamento humano desempenhado nas atividades envolvidas no processo. Isso possibilita que os sistemas sejam aprimorados com base no conhecimento adquirido. O foco, então, é o conhecimento que pode ser obtido pela coleta em tempo real de dados.

A Figura 11 mostra as diferentes ondas de desenvolvimento de IoT. E, conforme visto anteriormente, as aplicações iniciais utilizavam RFID nos anos 1990 e, atualmente, estão focadas principalmente na coleta dos dados, na integração com computação em nuvem, no processamento de Big Data e Data Analytics (BARNAGHI; SHETH, 2014).

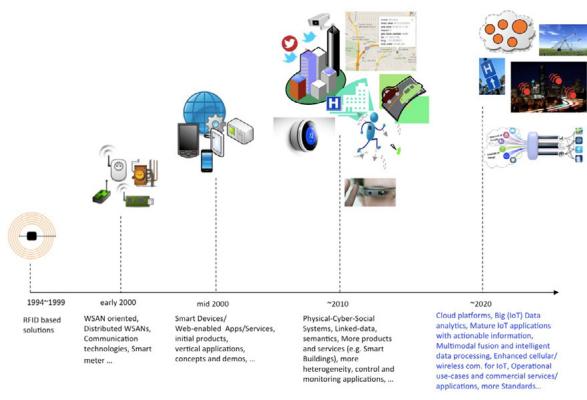


Figura 11 - Diferentes ondas de desenvolvimento da IoT

Fonte: BARNAGHI; SHETH (2014).

2.8. CAMADAS IOT: ORGANIZAÇÃO E INTERCONEXÕES

Um sistema construído com foco IoT pode ser analisado em diferentes camadas que compõem a solução. Esses sistemas envolvem desde os sensores responsáveis pela detecção do ambiente físico e atuadores, responsáveis pela interação/controle do ambiente (Camada Física) até grandes sistemas computacionais responsáveis pelo processamento massivo de dados, uso de ferramentas de análise e inteligência artificial (camada de serviços). A Figura 12 apresenta uma possível visualização dessas camadas.

Camada de aplicação

Cidades Medicina Energia
Construções Transportes Industria 4.0

Segurança Analytics Modelagem
Estatísticas Data mining Governança

Camada de Rede

Camada de Física

Sensores Atuadores
Dispositivos Disp. De rede

Figura 12 – Camadas que compõem uma solução IoT

Fonte: Elaborada pelo autor

Ao criar uma aplicação IoT, o desenvolvedor deverá escolher entre as diversas tecnologias disponíveis nas demais camadas da arquitetura.

Em relação a uma visão arquitetural de nossas soluções, optamos por utilizar uma visão simplificada, na qual dividimos nossos sistemas em quatro grupos, a saber: Coisas, Gateway, Infraestrutura de Rede e Plataformas em Nuvem, como representado na Figura 13.

Things

Security Management APILibraries, APIs, SDK

Network

Gateway Devices

Network

Security Management APILibraries, APIs, SDK

Network

Security Management APILibraries, APIs, SDK

Network Infrastructure

APIs, SDK

Security Management APILibraries, APIs, SDK

Security Management APILibraries, APIs, SDK

Figura 13 - Arquitetura IoT

Fonte: INTEL (2015).

As "coisas" representam nossos sensores e atuadores, que podem ou não possuir capacidade de se conectar à Internet. Caso os dispositivos não possam se comunicar diretamente com a Internet, um dispositivo gateway deve ser utilizado. O gateway é responsável pela conexão entre a internet e os dispositivos. Por último, temos as plataformas em nuvem, nas quais os dispositivos podem ser gerenciados e ter seus dados coletados e analisados.



REFERÊNCIAS

BARNAGHI, P.; SHETH, A. The Internet of Things: the story so far. *IEEE Internet of Things*, 9 set. 2014. Disponível em: https://iot.ieee.org/newsletter/september-2014/ the-internet-of-things-the-story-so-far.html>. Acesso em: 22 jun. 2021.

CISCO. *Cisco Annual Internet Report (2018–2023)*. Disponível em: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2021.

CMU. CMU SCS Coke Machine Home Page. Disponível em: https://www.cs.cmu.edu/~coke/. Acesso em: 22 jun. 2021.

HARWOOD, T. Internet of Things (IoT) History. *Postscapes*, 11 dez. 2019. Disponível em: https://www.postscapes.com/iot-history>. Acesso em: 22 jun. 2021.

INTEL. *Enabling the Industrial Internet of Things*. Disponível em: https://www.intel.com/content/dam/www/public/us/en/documents/articles/enabling-industrial-iot-paper.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2021.

INTEL. The Intel IoT Platform. *White Papers*, 2015. Disponível em: http://www.intel.com/content/www/us/en/internet-of-things/white-papers/iot-platform-reference-architecture-paper.html. Acesso em: 22 jun. 2021.

SANTOS, B. P. et al. Internet das Coisas: da teoria à prática. Minicursos SBRC-Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. Anais... Salvador, BA: SBC, 2016. Disponível em: https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2021.

SPORRE, K. Understanding the Zigbee 3.0 Protocol. *Digi*, 19 abr. 2018. Disponível em: https://www.digi.com/blog/post/understanding-the-zigbee-3-0-protocol>. Acesso em: 22 jun. 2021.