

AULA 05 - IoTA

INTRODUÇÃO À INTERNET DAS COISAS	2
O hardware e o software por trás da IoT	2
Revisão: Arquitetura de IoT.....	2
Exemplo 1: Poste de Luz Inteligente para Iluminação Urbana	2
Exemplo 2: Lixeira Inteligente para Coleta de Lixo Urbano	4
Exemplo 3: Geladeira Inteligente	6
Rotas tecnológicas.....	8
Pensando em compromissos	9
Objetos minimalistas.....	9
Processamento na nuvem.....	10
Objetos minimalistas e nuvem.....	11
Nuvem e neblina	11
Computação em neblina	11
Gateway e Arquitetura de Internet das Coisas	12
Objetos inteligentes miniaturizados e sem fios	12
Gateway	12
Relógio Inteligente	13
Gateway com múltiplas coisas	13
Cidades Inteligentes	14
Redes de sensores e sorvedouros	15
Gateways Móveis	15
REFERÊNCIAS.....	16

INTRODUÇÃO À INTERNET DAS COISAS

O hardware e o software por trás da IoT

<https://youtu.be/2KeaDmbVOYE>

Revisão: Arquitetura de IoT

A arquitetura de IoT tem três componentes:



Como vimos, o **componente de percepção/atuação**, se refere às partes do sistema de IoT que fazem interação com o mundo físico. Ou seja, as partes que captam informações e alteram estados.

Lembram dos itens de hardware das coisas que interagem com o mundo físico? São os sensores e atuadores. Objetos inteligentes com sensores e atuadores integram este componente da arquitetura.

Como vimos, o **componente de rede** é responsável por fazer conexões no sistema de IoT.

Este componente define:

- Os tipos de rede - por exemplo: WAN, MAN, LAN, PAN.
- As tecnologias de comunicação: WiFi, Bluetooth, 3G, 4G, etc.
- As estratégias de conexão à rede: conexão direta, com intermediários, etc.

O **componente de aplicação** é a parte do sistema de Internet das Coisas que entrega serviços para as pessoas. Este componente reúne software e serviços Web. Vamos estudar o hardware e o software por meio de exemplos.

Exemplo 1: Poste de Luz Inteligente para Iluminação Urbana

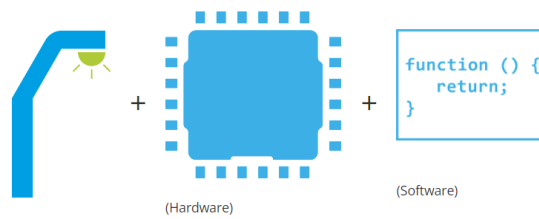
Lembra do exemplo de iluminação urbana?

Nele, postes de luz inteligentes detectam sozinhos quando uma lâmpada queima e solicitam a troca.

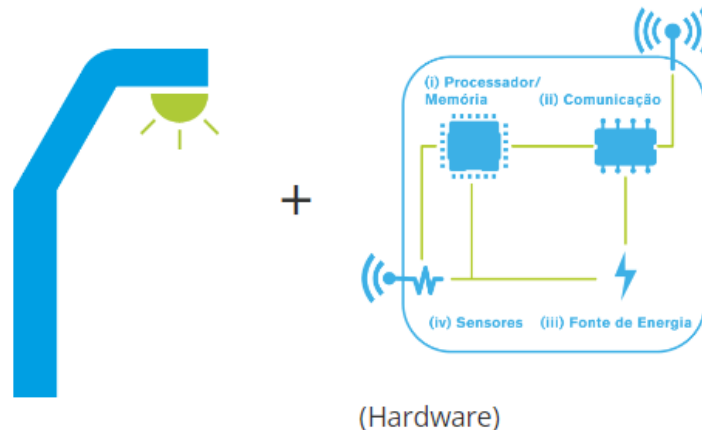


Compreendendo o papel dos dispositivos

Para que o poste se torne inteligente, precisaremos adicionar a ele alguns itens de hardware e de software.



Vamos começar pelo hardware. Nós já discutimos na aula anterior as quatro estruturas principais que compõem o hardware das coisas em IoT: processador, comunicador, fonte de energia e sensor/atuador.



Logo temos:

- **Sensores:** sensor de luminosidade sob o poste. Este sensor verifica a luminosidade próxima ao poste e indica se a luminosidade está baixa.
- **Comunicação:** conexão por cabo. Para que o poste de luz possa fazer a requisição de troca de lâmpada, ele precisa se comunicar. Para isso é necessária uma conexão a uma rede de comunicação. Como o poste de luz é um item fixo, vamos considerar uma conexão por cabo no nosso exemplo.
- **Processador:** Arduino. Para fazer o processamento do software que executa a lógica por trás do poste, precisamos escolher uma unidade de processamento central, que pode utilizar uma plataforma de hardware livre, como a Arduino por exemplo.
- **Fonte de energia:** tomada. Para alimentar de energia elétrica a eletrônica do poste de luz inteligente, podemos utilizar a conexão à rede elétrica pela tomada, aproveitando que o poste já tem esta conexão.

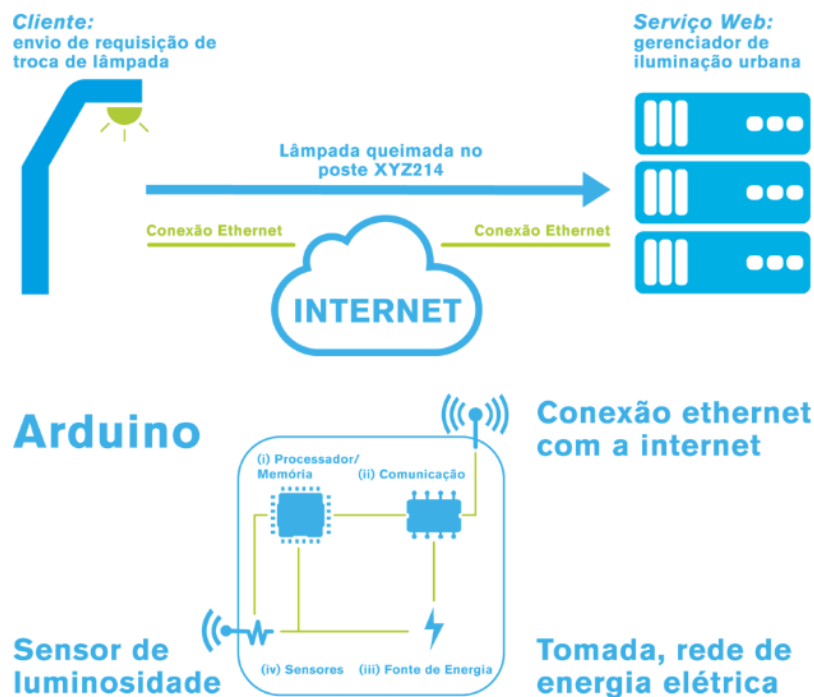
Como já vimos, o poste de luz não é tão inteligente que sabe sozinho o que fazer. Ele foi instruído por um programador para verificar se há luminosidade e então gerar uma requisição de troca de lâmpada. Vamos ver o que faz o software do poste de luz inteligente?

O software que executa no poste de luz inteligente consiste em:

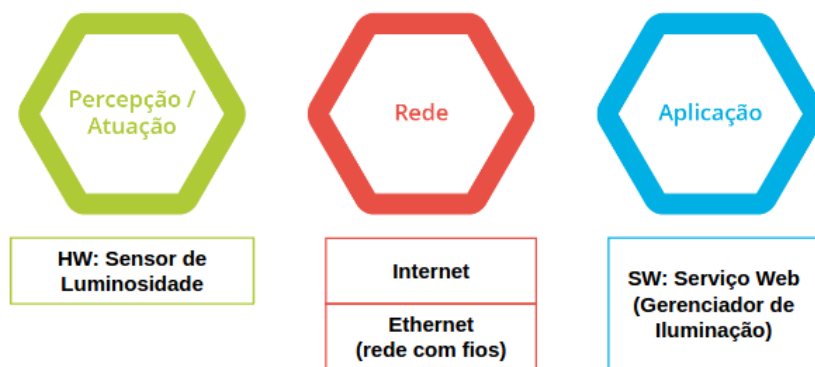
- Monitoramento de luminosidade: a principal função do poste de luz inteligente do nosso exemplo é ajudar a manter a iluminação pública funcionando. Para isso, há um sensor (hardware) verifica a luminosidade próxima ao poste e indica se a luminosidade está baixa. Neste caso, um software é necessário para ler a luminosidade captada pelo sensor e ativar a luz do poste. Porém, se após alguns segundos a luminosidade continua baixa, o sistema sabe que provavelmente a lâmpada está queimada.
- Cliente web que pede a troca da lâmpada: executa no processador que está no poste e envia um pedido de troca de lâmpada para o serviço Web de Gerenciador de Iluminação Urbana, caso o Monitoramento de luminosidade detectou uma lâmpada com defeito.

O software que executa na Internet:

O Gerenciador da Iluminação Urbana, um serviço web que recebe os pedidos para a troca de lâmpada.

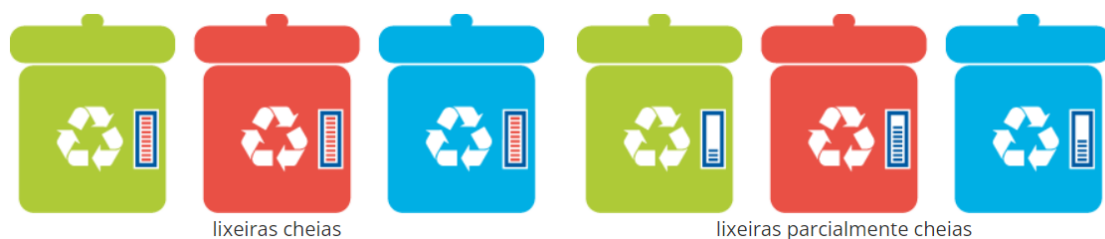


Por fim, encaixando os módulos do nosso poste inteligente na arquitetura de IoT, temos:

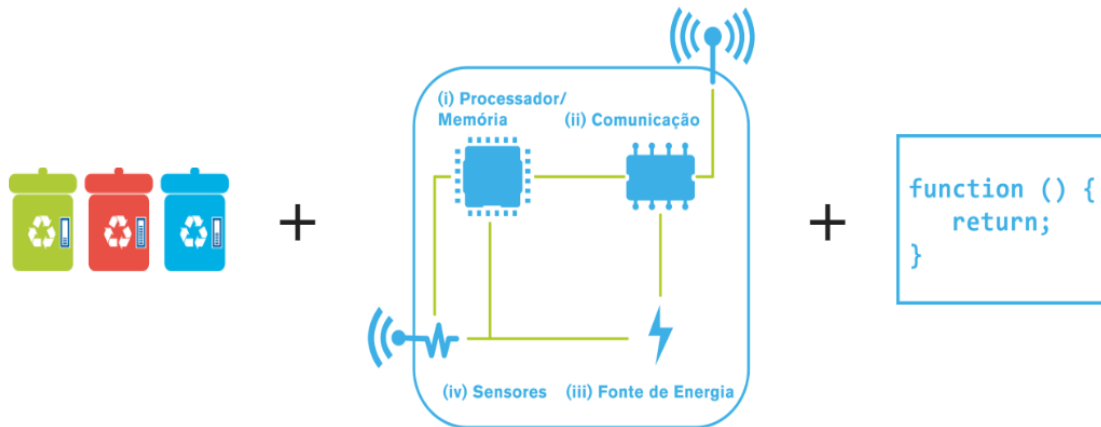


Exemplo 2: Lixeira Inteligente para Coleta de Lixo Urbano

Neste exemplo, as latas de lixo avisam quando estão cheias, ou prontas para serem esvaziadas.



Vamos estudar agora quais itens de hardware e software são necessários para que as lixeiras possam de fato fazer isso.



Vamos começar pelos quatro componentes do hardware: processador, comunicador, fonte de energia e sensor/atuador:

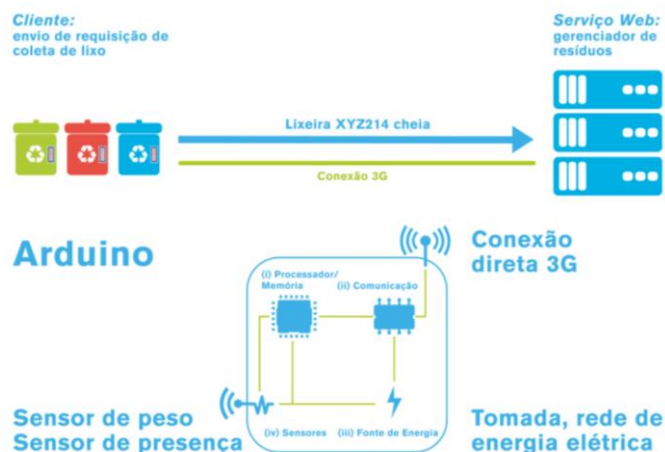
- **Sensores:** sensor de peso (detecta o peso do lixo interno) e de presença (detecta o nível do lixo). Precisamos utilizar sensores que identifiquem se a lixeira está cheia.
- **Comunicação:** conexão sem fios, utilizando a rede de dados de celular (3G) para conexão à Internet. Para que as lixeiras inteligentes possam se comunicar, elas precisam de uma conexão a uma rede de comunicação.
- **Processador:** Arduino. Para fazer o processamento do software que vai executar na lixeira, precisamos escolher uma unidade de processamento central, que pode utilizar uma plataforma de hardware livre, como a Arduino, por exemplo.
- **Fonte de energia:** tomada. Para alimentar de energia elétrica a eletrônica que fica dentro da lixeira inteligente, podemos utilizar a conexão à rede elétrica por uma tomada.

Já o software da lixeira inteligente consiste em:

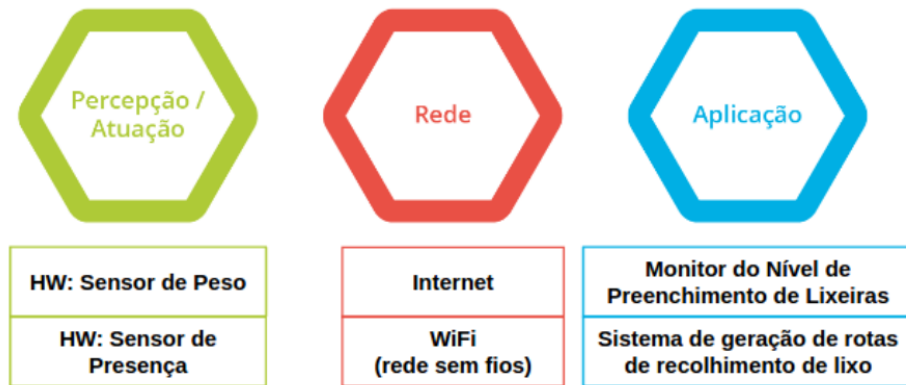
- Um módulo que utiliza o valor das leituras dos sensores de peso e de presença para decidir se é necessário retirar o lixo.
- Um cliente web, que faz a solicitação de coleta de lixo para um serviço web de Gerenciamento de Resíduos.

Além do software e do hardware que executam na lixeira, esta aplicação interage com software que executa em outro hardware:

Um serviço web, Gerenciador de Resíduos, que recebe os dados sobre o preenchimento das lixeiras e que gera as rotas de coleta de resíduos para os caminhões de coleta de lixo.



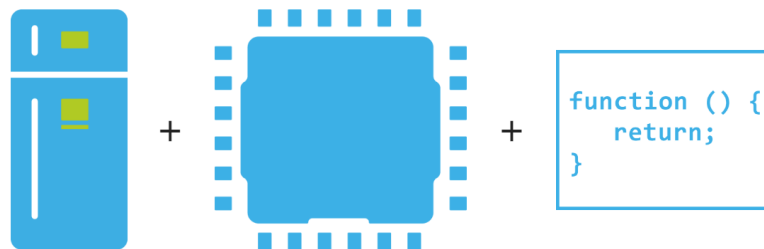
Por fim, encaixando os módulos da nossa lixeira inteligente na arquitetura de IoT, temos no componente de percepção, a lixeira inteligente com os sensores de peso e de presença; no componente de rede, a conexão à Internet por 3G; no componente de aplicação o Monitor de Nível de Preenchimento de Lixeiras e o Gerenciador de Resíduos que gera as rotas dos caminhões de coleta.



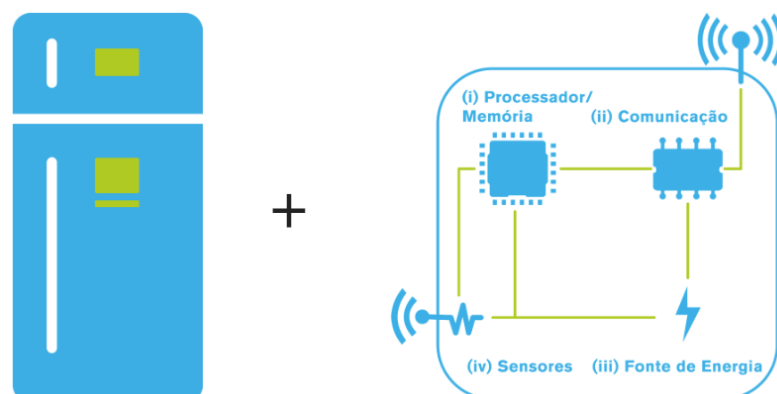
Exemplo 3: Geladeira Inteligente

Vamos agora analisar o hardware e o software que estão por trás do exemplo da geladeira inteligente? Vocês se lembram o que a geladeira inteligente do nosso exemplo faz? Ela detecta os alimentos que estão no seu interior, gera uma lista de compras e faz compras pela Internet, além de opcionalmente, também fornecer seus dados para instituições de pesquisa sobre saúde alimentar.

Quais itens de hardware e software são necessários para que a geladeira possa fazer isso?



Vamos começar pelos nossos já conhecidos componentes do hardware: processador, comunicador, fonte de energia e sensor/atuador.



O hardware que executa na geladeira consiste em:

- **Sensor:** identificador de produtos. Precisamos utilizar um sensor que identifique quais são os itens que estão no interior da geladeira inteligente, para que ela possa gerar a lista de compras. Poderiam ser utilizados vários tipos de sensores, como por exemplo: uma câmera, um detector de RFID ou um leitor de código de barras.
- **Comunicação:** conexão sem fios, utilizando o WiFi para conexão à Internet. Para que a geladeira inteligente possa se comunicar, ela precisa de uma conexão a uma rede de comunicação. Como em muitas casas temos redes Wi-Fi conectadas à Internet, vamos considerar este tipo de conexão no nosso exemplo.
- **Processador:** Arduino. Para fazer o processamento do software que executa na nossa geladeira, precisamos escolher uma unidade de processamento central, que pode utilizar uma plataforma de hardware livre, como a Arduino, por exemplo.
- **Fonte de energia:** tomada. Para alimentar de energia elétrica a eletrônica que fica dentro da geladeira inteligente, podemos utilizar a conexão à rede elétrica pela tomada, aproveitando que a geladeira já tem esta conexão.

A geladeira inteligente do nosso exemplo, possui várias funções. Como já vimos, cada uma destas funções são instruídas para a geladeira inteligente pelo software. Vamos ver quais são as partes do software que compõem a nossa geladeira inteligente?

- Lista de Compras: a principal função da geladeira inteligente do nosso exemplo é nos ajudar a manter a geladeira abastecida. Para isso, a geladeira inteligente utiliza as informações captadas pelo sensor que identifica quais produtos estão dentro da geladeira para montar uma lista de compra.
- Serviço web para acessar a lista de compras: para que a lista de compras possa ser acessada através de um celular, a geladeira inteligente disponibiliza um serviço Web. Este acesso poderia ser feito pela Internet ou pela rede local da casa.
- Cliente web para fazer compras automaticamente: para que as compras da lista de compras seja feita automaticamente, a geladeira inteligente vai precisar ter um cliente Web para se comunicar com um supermercado com vendas online e fazer as compras dos produtos que estão faltando na geladeira.
- Cliente web para contribuir com pesquisas sobre os hábitos de consumo no Brasil: para enviar a lista de produtos da geladeira para uma instituição que recolhe dados para fazer a análise de alimentação dos brasileiros, a geladeira deve ter um cliente web que envia a lista de produtos da geladeira para um servidor da instituição de pesquisa.

Além do software e do hardware que executam na geladeira, esta aplicação interage com outro programas de software que executam em outro hardware:

- Aplicativo para consulta da lista de compras no celular: para ser possível usar o celular e acessar a lista de compras com os itens que estão faltando na geladeira, o celular deve ter um aplicativo que é um cliente Web. O cliente Web do celular acessa o serviço Web que está sendo executado na geladeira e pede a lista de compras para ele.
- Serviço de compras de supermercado online: para fazer as compras dos produtos que estão na lista de compras, a Geladeira Inteligente se comunica com um servidor que tem um serviço Web de um supermercado que oferece compras online.
- Análise de hábitos de consumo alimentar: para que a geladeira inteligente possa compartilhar os dados sobre o consumo de alimentos, ela precisa se conectar a um servidor com um serviço web de uma instituição que faça este tipo de pesquisa.

Identificação dos itens na geladeira

Cliente web:

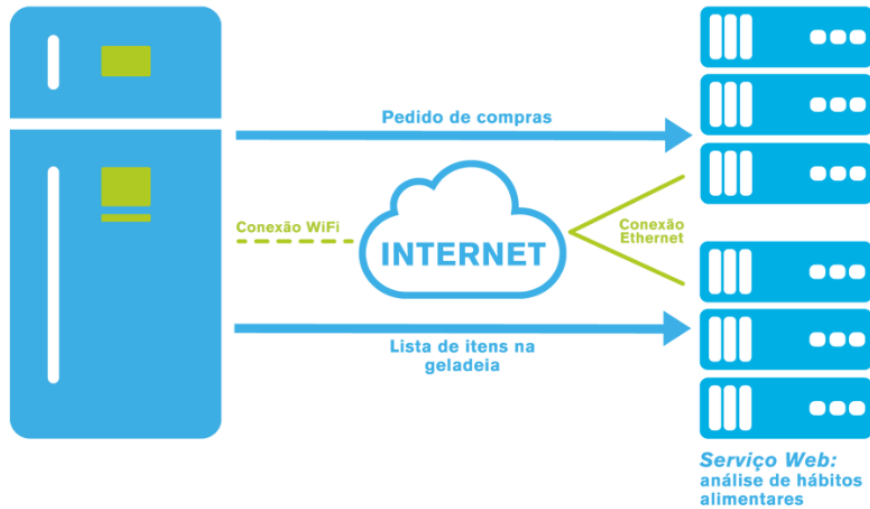
faz pedidos de compras e envia os dados para o serviço de análise de hábitos alimentares

Serviço web:

lista de compras pendentes e gerenciamento dos itens desejados

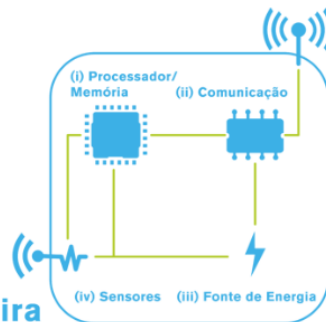
Serviço Web:

supermercado com compras online e entrega em domicílio



Arduino

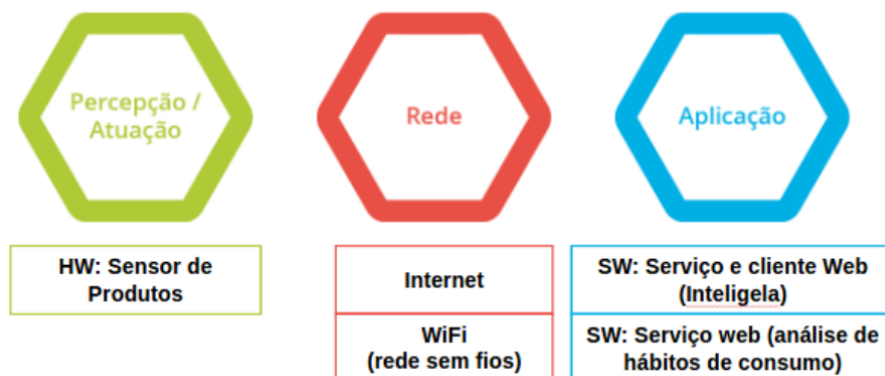
Sensor de itens na geladeira



Conexão WiFi com a internet

Tomada, rede de energia elétrica

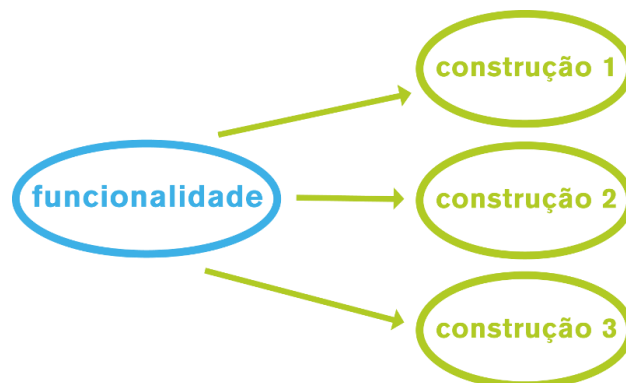
Por fim, encaixando os módulos da nossa geladeira inteligente na arquitetura de IoT, temos no componente de percepção o sensor para identificar os produtos, no item de rede a conexão à Internet via Wi-Fi, no componente de aplicação o Gerenciador de Produtos que gera a lista de compras e o Serviço de Análise de Hábitos de Consumo.



Rotas tecnológicas

Mostramos até aqui como aplicar hardware e software para construir alguns exemplos de sistemas de IoT.

Mas será que esta é a única maneira de concretizar estes exemplos? Eles não poderiam ser construídos de outra maneira? A resposta é sim. Existem várias maneiras de construir um sistema que implementa uma mesma função.



Lembre-se que na aula de hardware falamos dos compromissos que devemos considerar para construir um objeto inteligente?

As escolhas que fazemos para a construção de uma solução vão moldar o resultado final do nosso projeto. Cada escolha tem seus impactos positivos e negativos, sendo que um projeto busca obter um equilíbrio entre estes impactos.

Pensando em compromissos

Quanto mais inteligentes forem os objetos que utilizamos nas nossas soluções de IoT, mais potentes deverão ser seus processadores.

Um processador mais potente custa mais caro e consome mais energia elétrica. Um consumo de energia elétrica mais elevado requer o uso de baterias maiores. Baterias maiores ocupam mais espaço, pesam mais e são mais caras.



Será que conseguiríamos alterar os exemplos do Poste de Iluminação, da Lixeira e da Geladeira para termos objetos menos inteligentes, mas que ainda façam as mesmas coisas? Sim. Poderíamos diminuir a inteligência dos objetos inteligentes se pudéssemos transferir parte do software que executa neles para ser executado em outro lugar.

Vamos ver o que poderíamos transferir em cada exemplo.

Objetos minimalistas

POSTE INTELIGENTE

No caso do Poste de Iluminação Inteligente, o software já é bastante enxuto. Como vimos, o software que executa no poste de luz inteligente consiste em um módulo de monitoramento de luminosidade e em um cliente web que pede a troca da lâmpada. Ele já está minimalista, então não temos nada a retirar dele.



LIXEIRA INTELIGENTE

O mesmo acontece com a Lixeira Inteligente, que também possui apenas o módulo que monitora o nível de preenchimento da lixeira e um cliente Web, que são indispensáveis ao funcionamento da mesma.



GELADEIRA INTELIGENTE

Já a nossa geladeira inteligente, possui um pouco mais de software: além da identificação dos itens que estão armazenados na geladeira, ela possui um sistema para o dono da geladeira dizer quais itens ele quer que estejam sempre na geladeira (para gerar a lista de compras). Ela também possui um serviço Web para distribuir a lista de compras para quem precise. Ela tem ainda um módulo que faz compras online e outro que contribui com pesquisas sobre hábitos de alimentação!



Resumindo, a geladeira inteligente possui os seguintes módulos de software:

- Identificador de itens;
- Lista de Compras;
- Serviço Web para acessar a lista de compras;
- Cliente Web para fazer compras automaticamente;
- Cliente Web para contribuir com pesquisas sobre os hábitos de consumo no Brasil.

Para simplificar o software da geladeira inteligente, poderíamos manter nela apenas a identificação dos produtos que estão no seu interior. Assim o software da geladeira inteligente consistiria em:

- Identificador de itens na geladeira;
- Cliente web para envio da lista de itens na geladeira.



Processamento na nuvem

Desta forma teríamos objetos não tão inteligentes assim. Mas se essas funções não estiverem mais sendo executadas nos nossos objetos inteligentes, onde elas vão ser executadas?

O conteúdo passa a ficar disponível na nuvem, isto é, na Internet, podendo ser acessado a partir de qualquer dispositivo a qualquer momento.



A computação em nuvem consiste em repassar tarefas de um computador local para uma infraestrutura em outro local, acessada pela Internet. Esta infraestrutura consiste em um conjunto de recursos computacionais, que podem ser componentes de hardware, rede, armazenamento, software e aplicações.

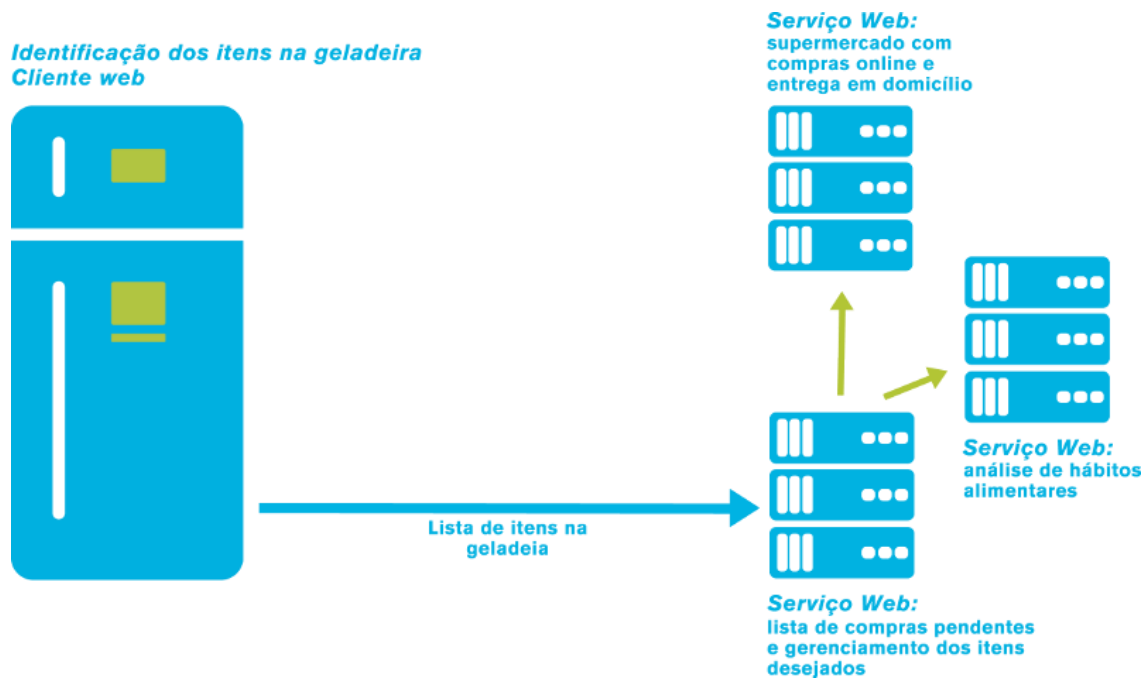
No nosso caso, podemos considerar que partes do software que estava sendo executado no objeto inteligente, estará executando em algum servidor conectado à Internet, acessível como um serviço Web.

Objetos minimalistas e nuvem

Agora vamos ver como esses servidores na nuvem poderiam ajudar a manter a funcionalidade da nossa geladeira minimalista!

Lembram que tiramos alguns módulos de software, incluindo o serviço Web da geladeira? Vamos então colocar eles pra rodar em um servidor na nuvem!

Assim, no final a solução completa ficaria da seguinte forma:



Nuvem e neblina

Como mostramos, existem duas abordagens para implementar a Internet das Coisas:

Minimizando a inteligência dos objetos e utilizando ao máximo o processamento na nuvem. O que é denominado de Cloud Centric IoT (Centrado na Nuvem);

Explorando a inteligência dos objetos, utilizando a Internet para a comunicação entre objetos. O que é denominado Fog Computing (Computação na Neblina) ou Edge Computing (Computação na Borda).



Computação em neblina

Como mostramos, existem duas abordagens para implementar a Internet das Coisas:

Minimizando a inteligência dos objetos e utilizando ao máximo o processamento na nuvem. O que é denominado de Cloud Centric IoT (Centrado na Nuvem);

Explorando a inteligência dos objetos, utilizando a Internet para a comunicação entre objetos. O que é denominado Fog Computing (Computação na Neblina) ou Edge Computing (Computação na Borda).

Gateway e Arquitetura de Internet das Coisas

<https://youtu.be/R9GVkDCTj3g>

Objetos inteligentes miniaturizados e sem fios

Várias aplicações de Internet das Coisas preveem o uso de dispositivos que precisam ser leves, pequenos e sem fios.

Para que eles não tenham fios, é necessário que a alimentação do objeto seja feita por baterias e que use algum padrão de comunicação sem fios.

Como vimos na aula de hardware, existe um compromisso entre a capacidade de comunicação (distância e quantidade de dados) e o consumo de energia.



Por isso, para dispositivos miniaturizados e com bateria, é desejável utilizar um padrão de comunicação para curtas distâncias e com baixa taxa de transmissão de dados. Um exemplo deste tipo de padrão é o Bluetooth Low Energy (BLE).

Nesse caso o BLE e outros padrões funcionam bem, mas eles têm um, porém: eles não se conectam à Internet!



Por isso, para possibilitar o uso deste tipo de tecnologia de curto alcance, os objetos inteligentes podem utilizar um gateway.



Vamos compreender o gateway e sua função.

Gateway

Gateway é uma palavra da língua inglesa que significa portal.

Na Internet das Coisas, gateways são utilizados como intermediários entre os objetos inteligentes e a Internet. Os gateways fazem a interligação entre redes. Eles possuem dois protocolos de comunicação e fazem a tradução entre eles.



Mas como funciona o gateway na Internet das Coisas?

Na IoT, os objetos inteligentes que possuem restrição de bateria comunicam-se com um gateway a uma distância curta e o gateway por sua vez, comunica-se com a Internet com outro padrão de comunicação, para longas distâncias. Desta forma o gateway tem o papel de conectar o objeto inteligente à Internet.

Padrões de comunicação sem fio com baixo consumo de energia que são normalmente utilizados para comunicação com gateway são: Bluetooth, Bluetooth Low Energy e Zigbee.

Já a comunicação entre gateways e a Internet é normalmente realizada com: WiFi, Ethernet e redes de dados de celulares (GPRS, 3G, 4G).



Vamos analisar um exemplo...

Relógio Inteligente

A figura abaixo mostra um exemplo de um Relógio inteligente que usa um celular como gateway para comunicação com a nuvem.



Neste exemplo o relógio, além de exibir as horas, também possui um sensor de batimentos cardíacos (já que ele fica sempre no pulso, fica fácil medir).

E esses dados de batimentos cardíacos poderiam ser enviados, por exemplo, aos servidores (que ficam na nuvem) do hospital em que o usuário é conveniado, para análise do médico responsável.

Porém, esse relógio dispõe apenas do Bluetooth Low Energy (BLE) para se comunicar, o que significa que ele precisa de um gateway para enviar dados para a Internet.

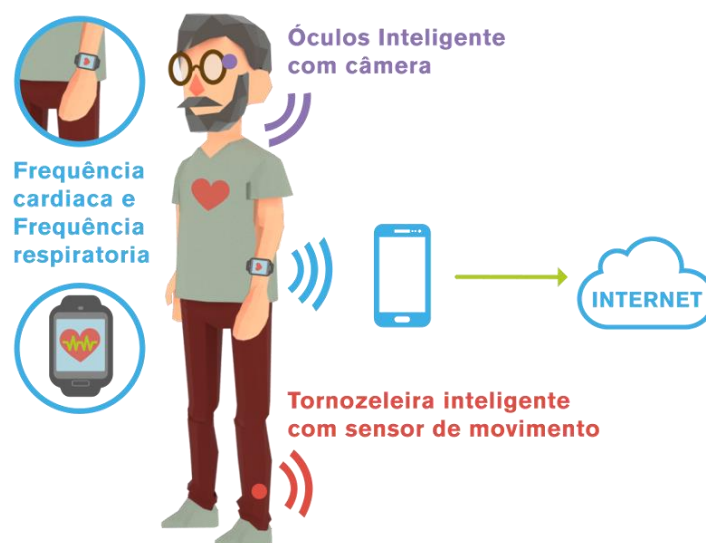
Nesse caso, o gateway é um smartphone, que possui ambas as tecnologias de comunicação: BLE e WiFi. Agindo como um gateway o smartphone coleta as informações do sensor usando BLE e as envia para o serviço Web do hospital através da Internet utilizando o WiFi!

Gateway com múltiplas coisas

Também é possível conectar múltiplas coisas a um mesmo gateway.

Em uma extrapolação do exemplo do relógio inteligente, poderíamos considerar vários sensores ligados aos nossos corpos, identificando além de batimentos cardíacos, queda e alteração de sinais vitais.

Todos estes sensores se comunicam com um smartphone por Bluetooth Low Energy (BLE) e o smartphone por sua vez se comunica com a Internet por Wifi, atuando como gateway para envio dos dados de todos os sensores para a Internet.



Cidades Inteligentes

Em uma cidade inteligente estima-se que possa existir uma grande quantidade de coisas conectadas, incluindo medidores de consumo de água, luz e gás, lixeiras e postes de luz inteligentes, vagas de estacionamento conectadas, etc.



Todas estas coisas precisam ser conectadas e uma parte delas não possui fonte de energia elétrica. Para viabilizar as aplicações de Internet das Coisas há um esforço para o desenvolvimento de uma rede de comunicação de baixa potência para cobrir a área de uma cidade.

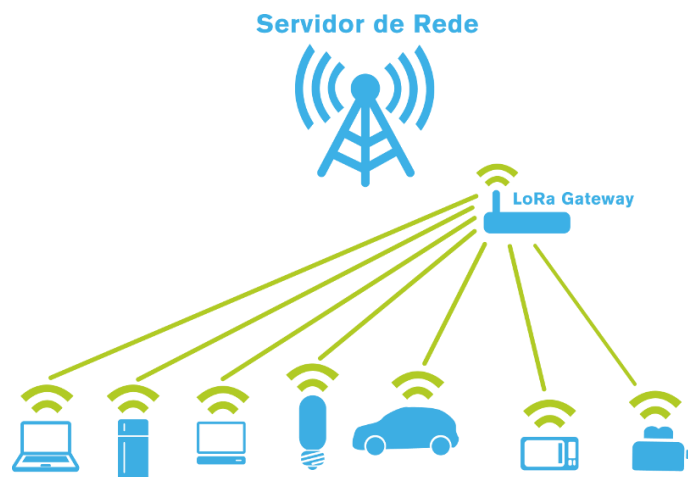
Estas redes de comunicação de baixa potência estão sendo construídas utilizando gateways compartilhados. Uma variedade de coisas inteligentes pode se conectar a um mesmo gateway que fará a ponte delas com a Internet.

Exemplos de padrões de comunicações deste tipo são:

- LoRA: um padrão de comunicação de baixa capacidade de transmissão, mas de longo alcance e baixo consumo de energia.
- LTE MTC: uma especialização do padrão LTE (a tecnologia por trás do 4G) focado no baixo consumo de energia.
- NB-IoT: similar aos anteriores, mas com foco em ambientes internos (casas, prédios, etc.).

Uma rede deste tipo, utilizando o padrão LoRA, foi desenvolvida na Holanda. A rede foi disponibilizada em Novembro de 2016 e em meados de 2017, já havia mais de um milhão e quinhentos mil dispositivos conectados.

Este tipo de rede é um exemplo real da utilização de gateways com múltiplas coisas conectadas.

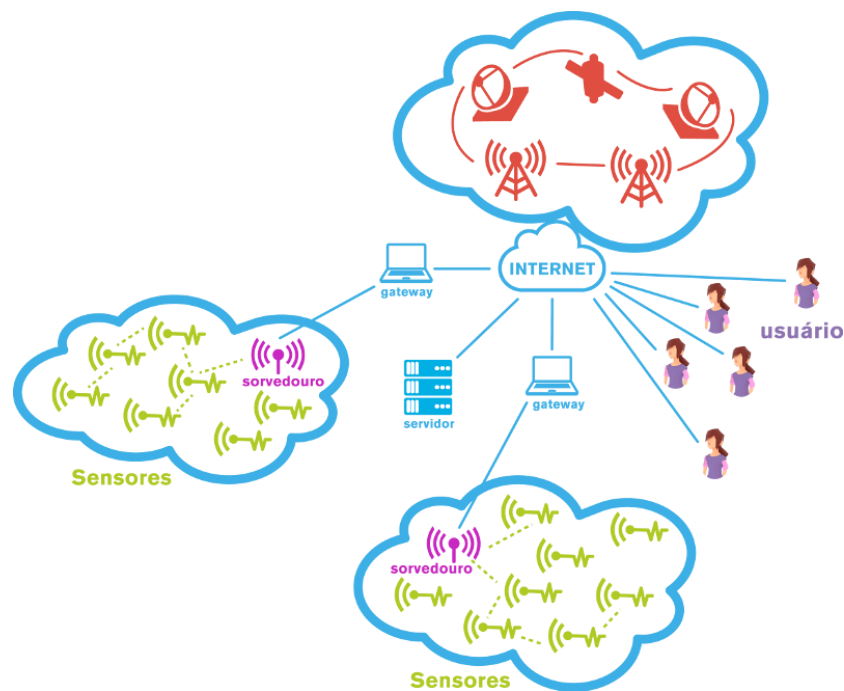


Redes de sensores e sorvedouros

Existem ainda algumas aplicações nas quais há amplas áreas cobertas com dispositivos de sensoriamento, como na agricultura por exemplo. Estes dispositivos de sensoriamento podem estar medindo o nível de nutrientes e de umidade do solo, por exemplo.

Neste caso, para minimizar a necessidade de comunicações de longas distâncias, os dispositivos podem repassar as suas medidas de um para o outro, até chegar a um gateway. Desta forma, os sensores precisam se conectar apenas com os seus vizinhos, o que faz com que as comunicações possam ser de curto alcance, reduzindo o consumo de energia.

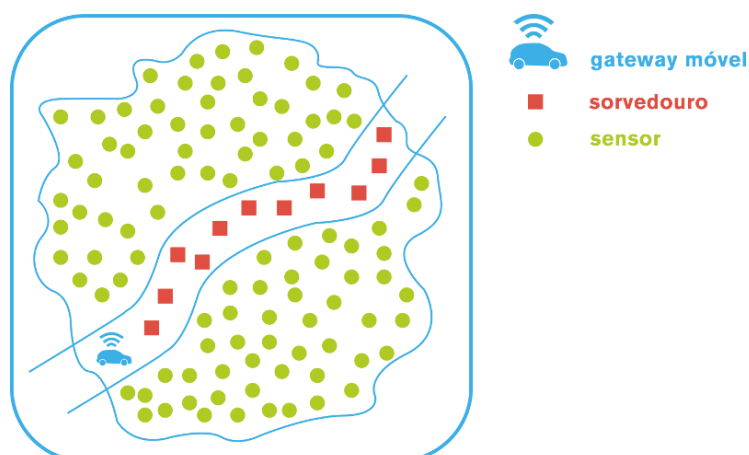
Aos sensores que agregam os dados coletados dos outros sensores e que fazem a conexão com o gateway, chamamos de sorvedouros. Em outras palavras, os sorvedouros acumulam as medidas de um conjunto de sensores e repassam estes dados a um gateway.



Gateways Móveis

Existe ainda uma estratégia de conectividade que utiliza gateways móveis. Nesta estratégia, os dados dos sensores são agregados em vários sorvedouros e um gateway móvel é utilizado para coletar os dados destes sorvedouros.

Os gateways móveis podem ser carregados por qualquer meio, seja por veículos, animais, pessoas, robôs, etc.



REFERÊNCIAS

- Material integralmente extraído e adaptado do curso **Introdução à Internet das Coisas**, da plataforma 'Code IoT', criado em parceria com a Samsung e LSI-TEC Escola Politécnica da USP - https://codeiot.org.br/courses/course-v1:LSI-TEC+IOT101+2021_OC/about - Acessado em 22/02/2022.
 - Licença disponível em https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.pt_BR - Acessado em 22/02/2022.
 - Plano de aula disponível em https://codeiot.org.br/assets/courseware/v1/f4e5194cc81fd959c563ff668ad8ef56/asset-v1:LSI-TEC+IOT101+2021_OC+type@asset+block/Plano de Aula IoT Semana 4.pdf - Acessado em 22/02/2022.
 - Internet das Coisas: da Teoria à Prática <http://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>