

# Internet das Coisas

Interoperabilidade



Departamento de  
Informática

2023/2024

# Na aula de Hoje

- Introdução à Interoperabilidade
- Interoperabilidade em IdC
- Tipos diferentes de Interoperabilidade em IdC
- Standards
- Fog Computing
- Arquiteturas baseadas em Serviços
- Web Semantica

# O que é Interoperabilidade?

- ISO/IEC: “the capability to communicate, execute programs, or transfer data among various functional units in a manner that requires the user to have little or no knowledge of the unique characteristics of those units ”

ISO/IEC 2382-1:1993 Information Technology – Vocabulary – Part 1: Fundamental terms. International Organization for Standardization(ISO).”Available: [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=7229](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=7229)

**ISO/IEC?? - Organização Internacional de Normalização e da Comissão Eletrotécnica Internacional.**

# O que é Interoperabilidade?

- IEEE: *“the ability of two or more systems or components to exchange information and to use the information that has been exchanged”*

Radatz J, Geraci A, Katki F (1990) IEEE standard glossary of software engineering terminology. *IEEE Std 610121990*(121990):3

**IEEE?? - Instituto de Engenheiros Eletrotécnicos e Eletrónicos**

# O que é Interoperabilidade?

- **Interoperabilidade em Internet das Coisas** é a capacidade de um sistema comunicar, de forma transparente (o quanto possível), com outro sistema (semelhante ou não) e partilharem serviços.

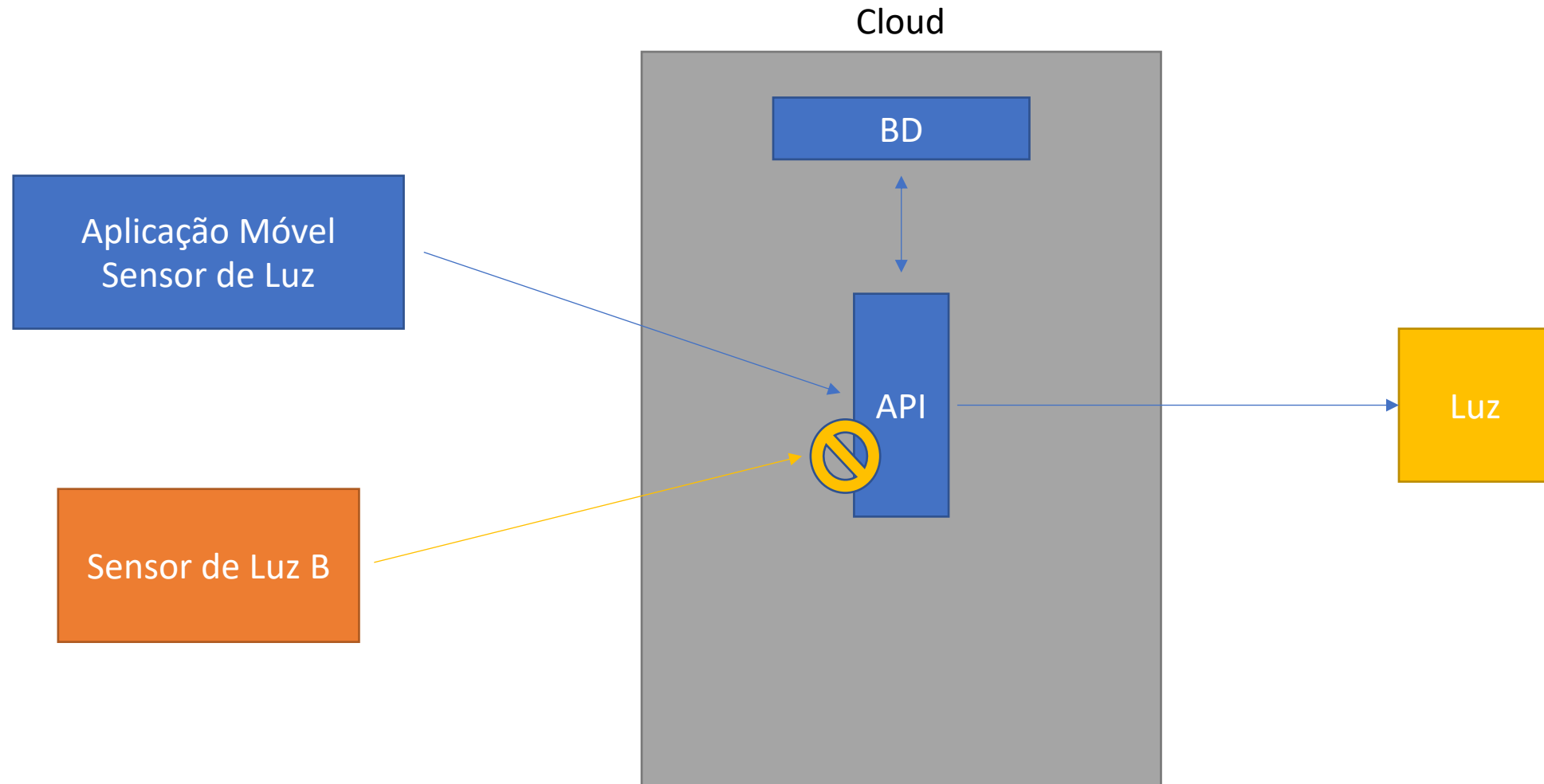
Kiljander J, D'Elia A, Morandi F, Hyttinen P, Takalo-Mattila J, Ylisaukko-Oja A, Soininen JP, Cinotti TS (2014) Semantic interoperability architecture for pervasive computing and internet of things. *IEEE Access* 2:856–873

# Implicações estratégicas

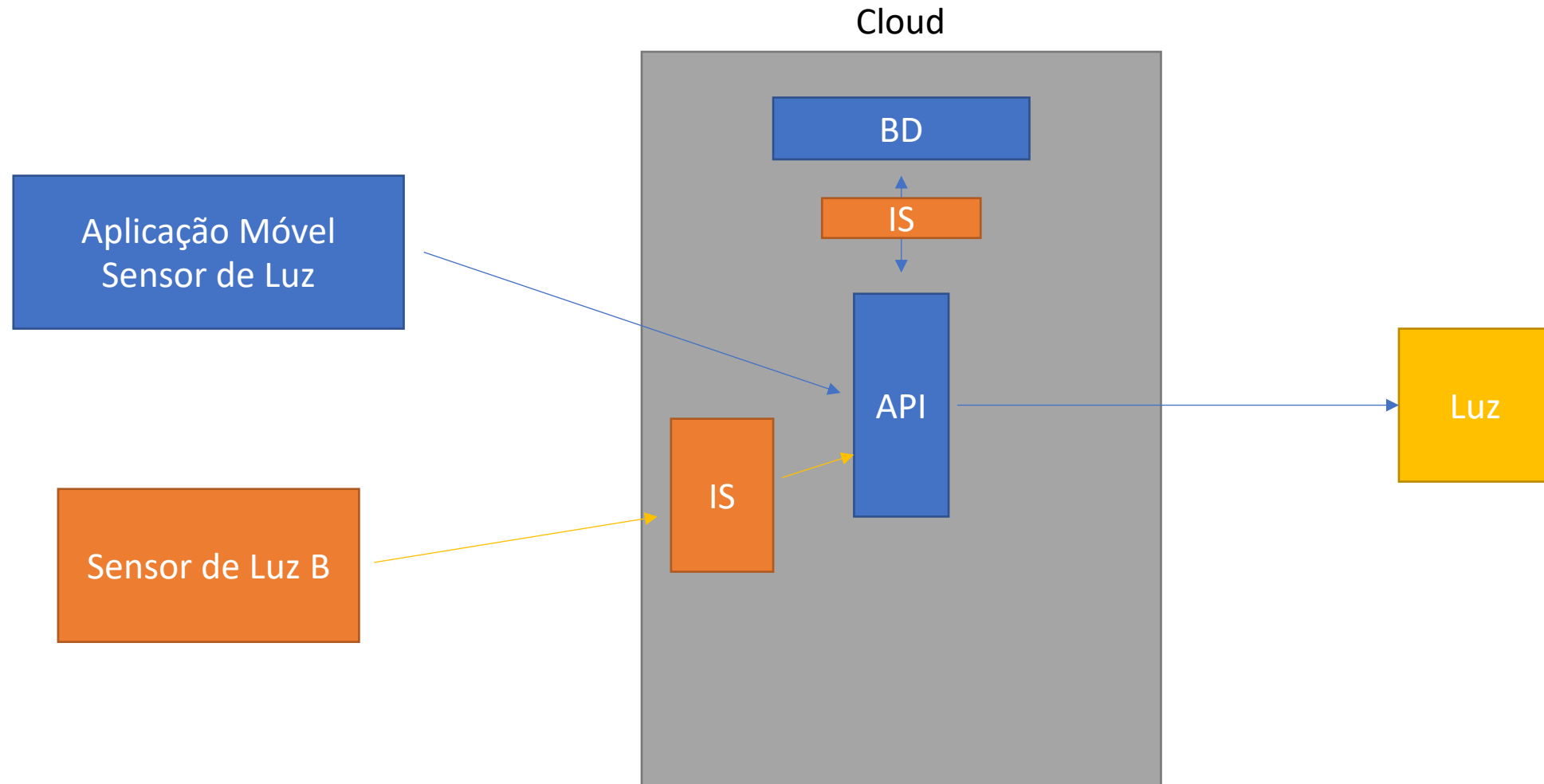
PROBLEMA: **Heterogeneidade!!**

- Investir em soluções fechadas?
  - Ou investir em soluções que permitam a integração de múltiplas “aplicações”.
- Comprar soluções a um único vendedor/fornecedor?
- Investir em soluções que facilmente evoluem e se adaptam?

# Interoperabilidade em IoT

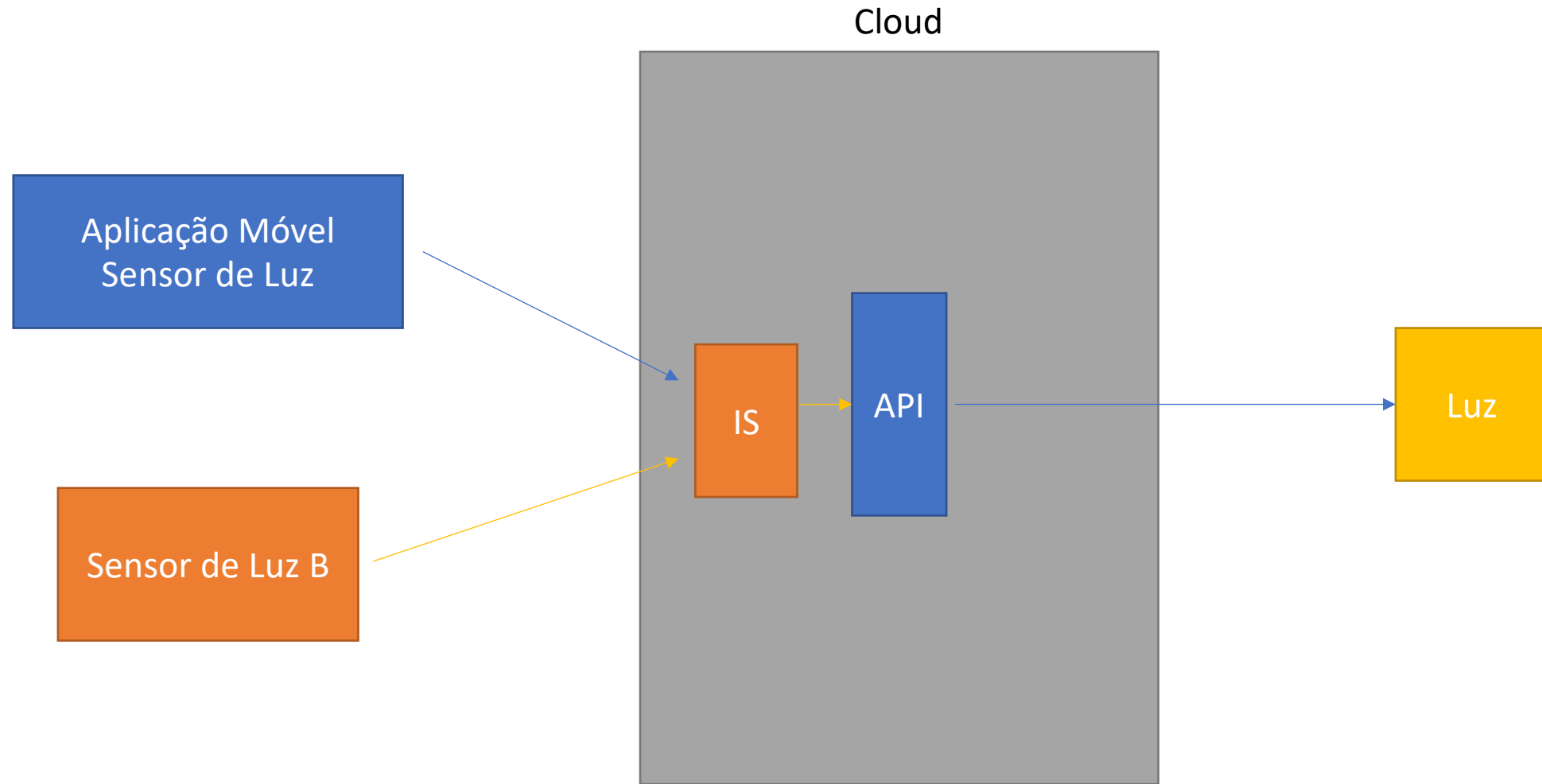


# Interoperabilidade em IoT

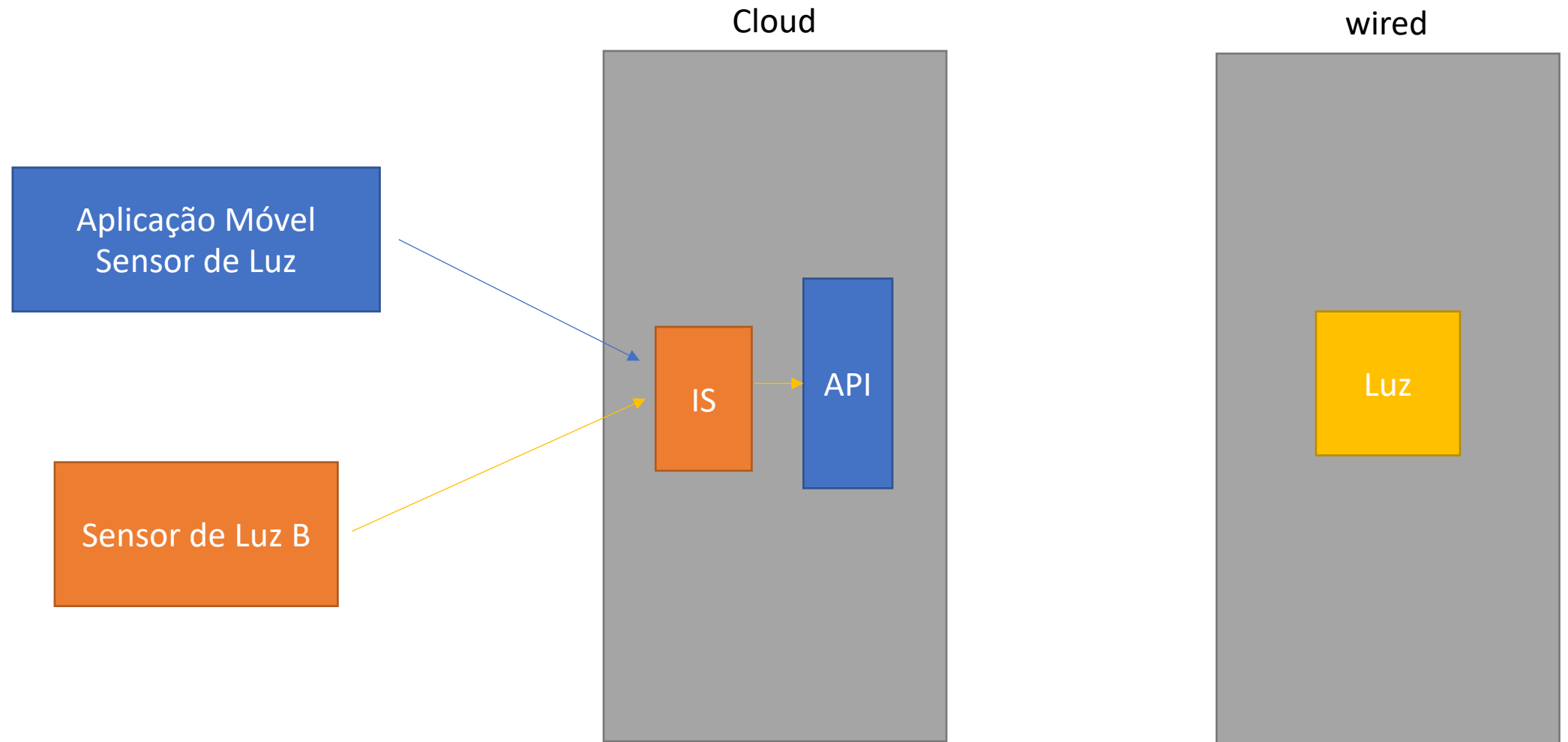




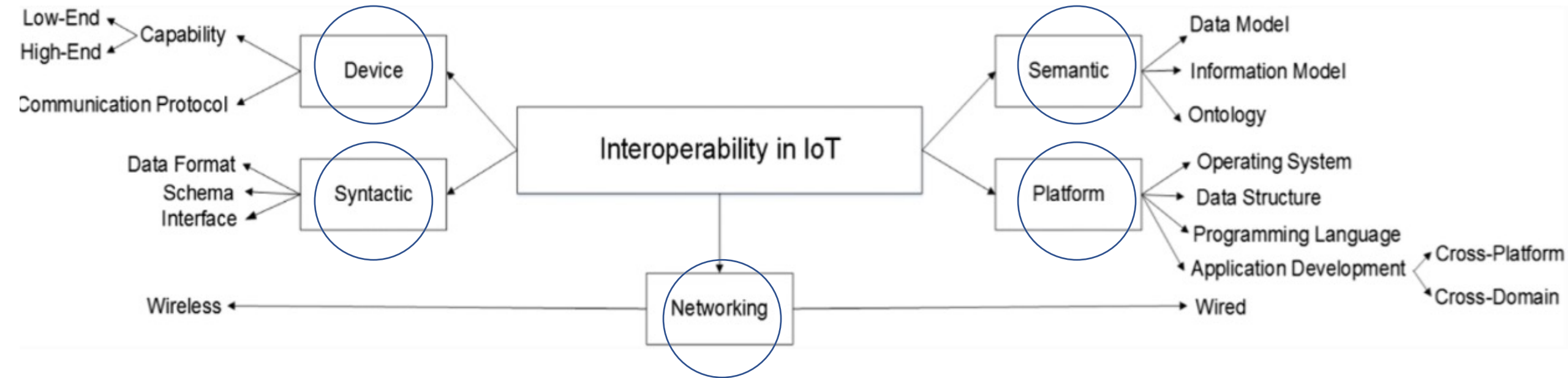
# Interoperabilidade em IoT



# Interoperabilidade em IoT



# Tipos diferentes de Interoperabilidade em IoT



Noura, M., Atiquzzaman, M. & Gaedke, M. Interoperability in Internet of Things: Taxonomies and Open Challenges. Mobile Netw Appl 24, 796–809 (2019). <https://doi.org/10.1007/s11036-018-1089-9>

# Tipos diferentes de Interoperabilidade em IoT

- **Interoperabilidade entre Dispositivos**

- Troca de informação entre dispositivos
- Integração de novos dispositivos num ecossistema IoT

- **Interoperabilidade de Rede**

- Sistemas conseguem comunicar entre si através de tipologias de redes diferentes
- Resolver problemas de endereçamento (routing), otimização de recursos, segurança, QoS e suporte a mobilidade.

# Tipos diferentes de Interoperabilidade em IoT

- **Interoperabilidade Sintática**

- As regras sintáticas de codificação e decodificação devem ser as mesmas durante a comunicação entre dois sistemas IoT heterogêneos.

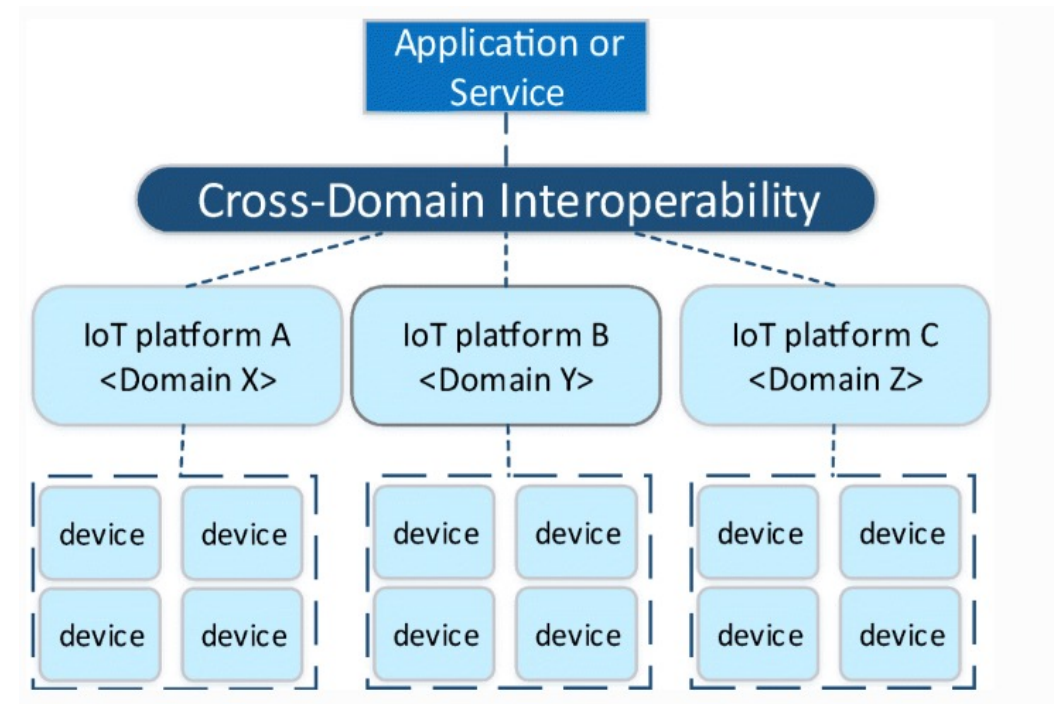
- **Interoperabilidade Semântica**

- Sistemas IoT heterogêneos, devem ter modelos de dados e de informação compatíveis.
- Capacidade de diferentes agentes, serviços e aplicações trocarem informação.

# Tipos diferentes de Interoperabilidade em IoT

- **Interoperabilidade de Plataforma**

- Capacidade de sistemas IoT heterogêneos, com SOs diferentes e/ou domínios diferentes comunicarem entre si.



Standards

# Standards

- Standards (Normas)





# Standards

- IoT Standards (open standards)
  - **oneM2M**: <https://www.onem2m.org>
  - **W3C Web of Things (WoT)**: <https://www.w3.org/2020/04/pressrelease-wot-rec.html.en>
  - **FIWARE**: <https://www.fiware.org/about-us/>
  - **ETSI smatM2M**: <https://www.etsi.org/technologies/internet-of-things>
  - **Lightweight M2M (LWM2M)**: <https://omaspecworks.org/what-is-oma-specworks/iot/lightweight-m2m-lwm2m/>

# W3C Web of Things (WoT)

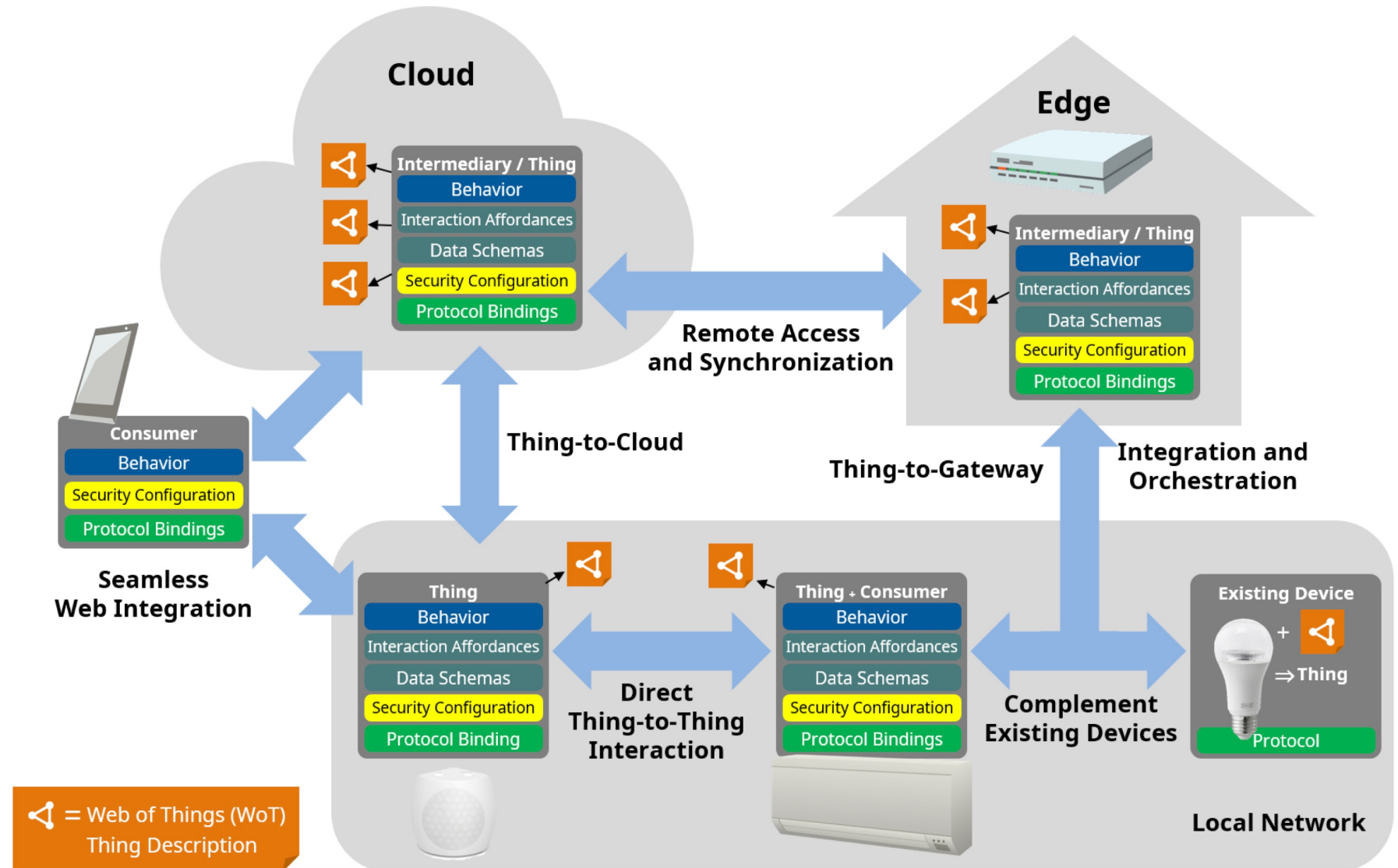
## **W3C Web of Things (WoT):**

<https://www.w3.org/2020/04/pressrelease-wot-rec.html.en>

- Foca-se na interoperabilidade de dispositivos, sintática e semântica.
- **Web of Things (WoT) Architecture**
  - <https://www.w3.org/TR/wot-architecture/>
- **Web of Things (WoT) Thing Description**
  - <https://www.w3.org/TR/wot-thing-description/>

# W3C Web of Things (WoT)

Arquitectura



# Standards

- IoT Standards (closed standards)
  - **ISO/IEC 21823-1:2019:** <https://www.iso.org/standard/71885.html>
    - Part 1: Framework; Part 2: network connectivity; Part 3: Semantic interoperability.
  - **IEEE P1451-99:** <https://standards.ieee.org/project/1451-99.html>
    - Interoperability and Security
  - **IEEE P1931.1:** [https://standards.ieee.org/project/1931\\_1.html](https://standards.ieee.org/project/1931_1.html)
    - Interoperability
  - **IEEE 1934-2018: IEEE Standard for Adoption of OpenFog Reference Architecture for Fog Computing:** <https://standards.ieee.org/standard/1934-2018.html>

# Wait... Fog Computing?

- É uma arquitetura descentralizada onde dados e aplicações são distribuídos entre a fonte de dados e a nuvem.
- Camada de nevoeiro (FOG!) abaixo da camada da nuvem, responsável pela **gestão de ligações entre a nuvem e as bordas (“edges”) da rede.**

# Why... Fog Computing?

**Interoperabilidade e escalabilidade !!**

Grandes quantidades de dados e dispositivos IoT ligados à nuvem.

2015 é criado o OpenFog Consortium

**Fundadores:** Cisco Systems;

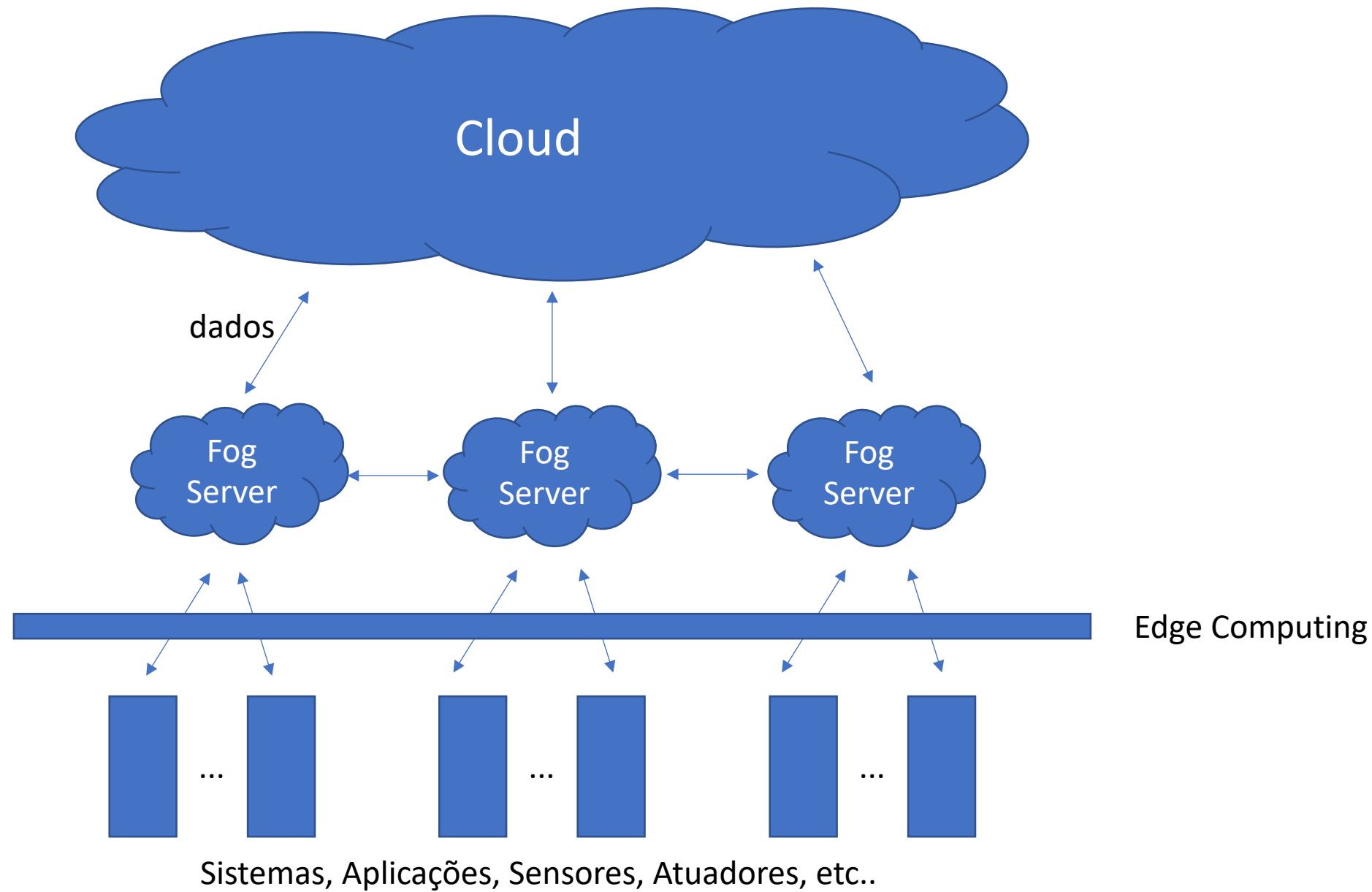
ARM Holdings;

Dell;

Intel;

Microsoft;

Princeton University



# Arquiteturas Baseadas em Serviços (SOA)

- São usadas na maioria das plataformas e standards de IoT, para resolver problemas de interoperabilidade sintática.
  - Implementam tipicamente RestFUL APIs.



# Web Semântica

- <https://www.w3.org/standards/semanticweb/>
- Extensão da World Wide Web que permite aos computadores e humanos trabalharem em cooperação.
- Interliga significados de palavras com o objetivo de atribuir significados e sentidos aos conteúdos publicados na Internet, de forma a que o mesmo conteúdo seja compreensível da mesma forma pelo humano e computador.

# Web Semântica para IoT

- Web Semântica + WoT
- Resolver a Interoperabilidade Semântica
- Abordagens baseadas em Ontologias/Vocabulários
  - IoT-Ontology: <https://www.w3.org/Submission/2015/SUBM-iot-lite-20151126/>
  - OpenIoT: <http://www.openiot.eu>
  - W3C Semantic Sensor Network (SSN): <https://www.w3.org/TR/vocab-ssn/>

# Problemas abertos

- Standards e plataformas não resolvem todos os problemas de interoperabilidade. Apenas alguns.
- IoT é suportado por dispositivos.
- Empresas no desenvolvimento de dispositivos não têm em consideração os standards.
- A maioria das plataformas IoT implementa RestFUL APIs, mas com modelos de dados específicos (custom).
- A quantidade nem sempre é sinónimo de qualidade.....

# Trabalho Interoperabilidade

- Escolham um standard ou estratégia (**open**) (Há no máximo 2 trabalhos repetidos e devem verificar no excel dos grupos)
  - Descrição?
  - Porque foi escolhido? Qual ou quais as vantagens/desvantagens sobre outros?
  - Quais as interoperabilidades que resolve?
- Sintetizem em uma apresentação de 6 slides no máximo.