

SBRC 2016

Minicurso

XXXIV Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos

30 de maio a 03 de junho de 2016
Salvador - Bahia - Brasil
www.ssrc2016.ufba.br

Computação em Névoa: Conceitos, Aplicações e Desafios

Antonio Augusto T. R. Coutinho (UEFS)

Elisangela Oliveira Carneiro (UEFS)

Fabiola Gon alves Pereira Greve (UFBA)

Agenda

- 1. Fundamentos sobre a Computação em Névoa**
2. Aplicações em Computação em Névoa
3. Plataformas para Computação em Névoa
4. Desafios para Computação em Névoa

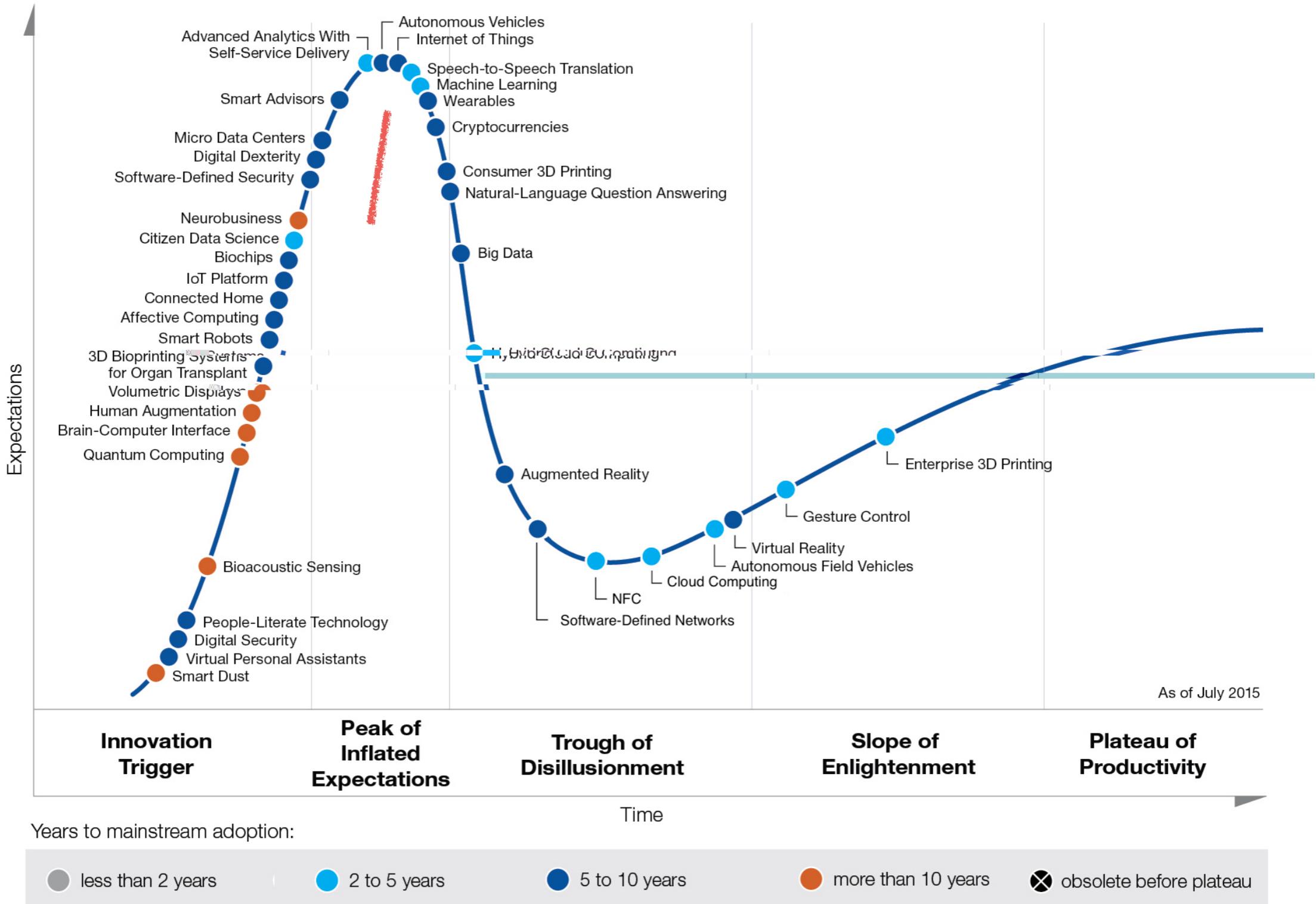
Agenda: Fundamentos

- Uma visão geral da Computação em Névoa
 - Descrever um conjunto de paradigmas emergentes
 - Enfatizar o relacionamento e maturidade das tecnologias
- Objetivo é identificar o seu escopo e requisitos
 - Os problemas não resolvidos pela Computação em Nuvem
 - As motivações para a Computação em Névoa

Internet of Things (IoT)

- Principal motivação para Computação em Névoa
- Cenário repleto de objetos ubíquos inteligentes e conectados
- São capazes de interagir com o ambiente de forma proativa e coordenada
 - Trocar informações
 - Coletar estados
 - Analisar dados
 - Obedecer comandos
 - Executar ações

Hype Cycle do Gartner (2015)



Fonte: [Gartner Inc. 2016]

Definição de IoT

- Em [Gartner Inc. 2015]:

"A Internet das Coisas é uma rede de objetos físicos acessados através da Internet que contém tecnologia embarcada para monitorar ou interagir com seus estados internos ou com o ambiente externo."

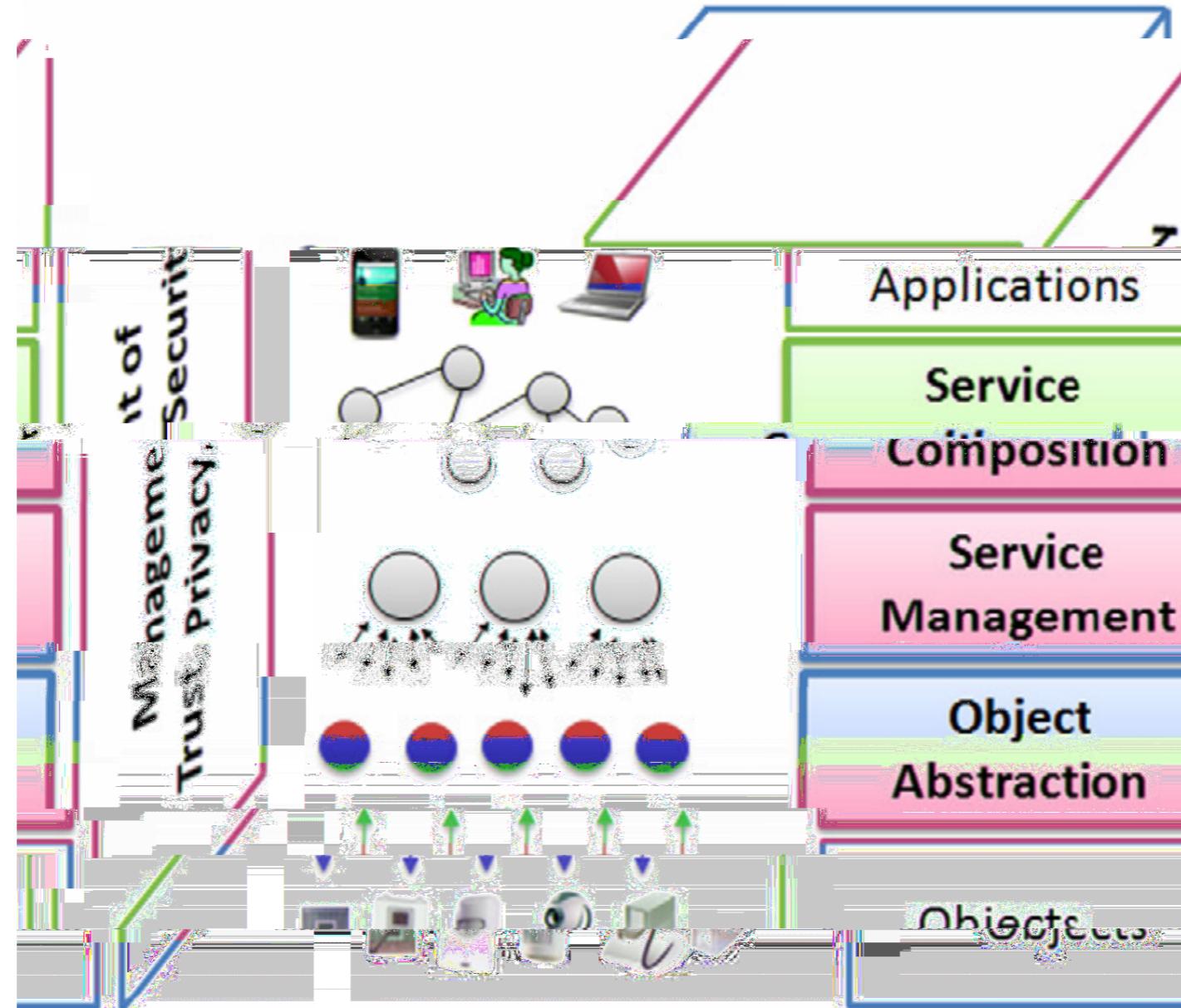
Internet of Things (IoT)

- Parte de uma classe mais genérica de sistemas
 - *Cyber-Physical Systems* (CPS)
 - Colaboração entre elementos computacionais para controle de entidades físicas
 - Redes de computadores não é obrigatório em CPS
 - Em particular IoT emprega serviços de comunicação convencionais para interligar os objetos físicos
- Responsável pela evolução de outros cenários
 - *Intelligent Transportation*
 - *Smart Grids*
 - *Smart Cities, etc.*

Internet of Things (IoT)

- Uma arquitetura IOT possui outros componentes para permitir uma computação ubíqua integrada
- Identificação e conexão entre o mundo de objetos reais e sua representação digital
 - *Radio-Frequency IDentification (RFID)*
 - *Near Field Communication (NFC)*
 - *Wireless Sensor and Actuator Networks (WSAN)*
-

Componentes da Arquitetura IoT

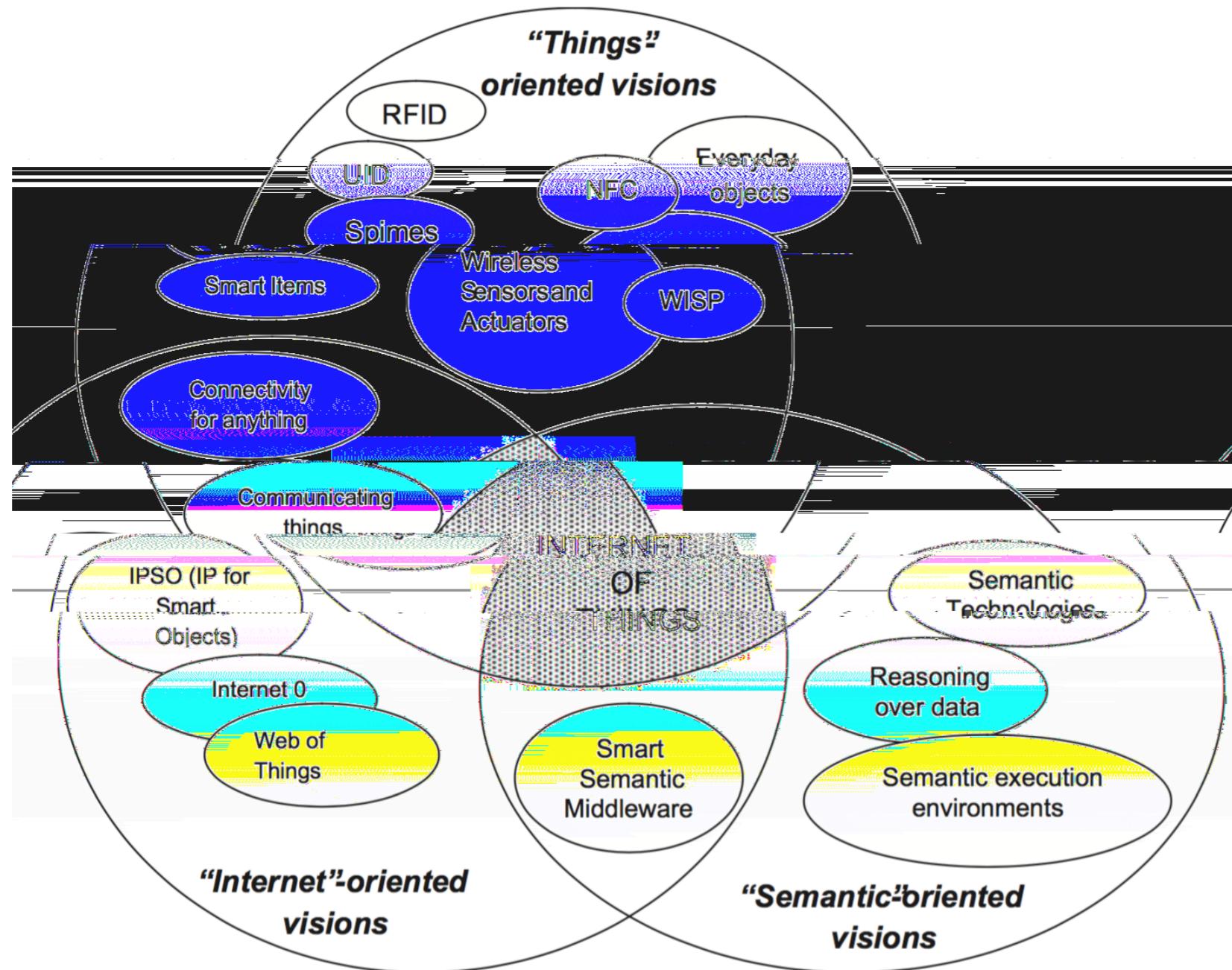


Fonte: [Atzori et al. 2010]

Diferentes Visões de IoT

- Orientado a “coisas”(sensores):
 - Aproveitamento dos recursos dos dispositivos
 - Limitações de energia, processamento, etc.
- Orientada à Internet (middleware) :
 - Aspectos de interoperabilidade
 - Endereçamento *6LowPAN*, RFC4944 2007
- Orientada à semântica (conhecimento):
 - Grande quantidade de itens conectados no futuro
 - Questões de representação e armazenamento
 - Pesquisa sobre a informação gerada pela IoT

Diferentes Visões de IoT



Fonte: [Atzori et al. 2010]

Definição Unificada de IoT

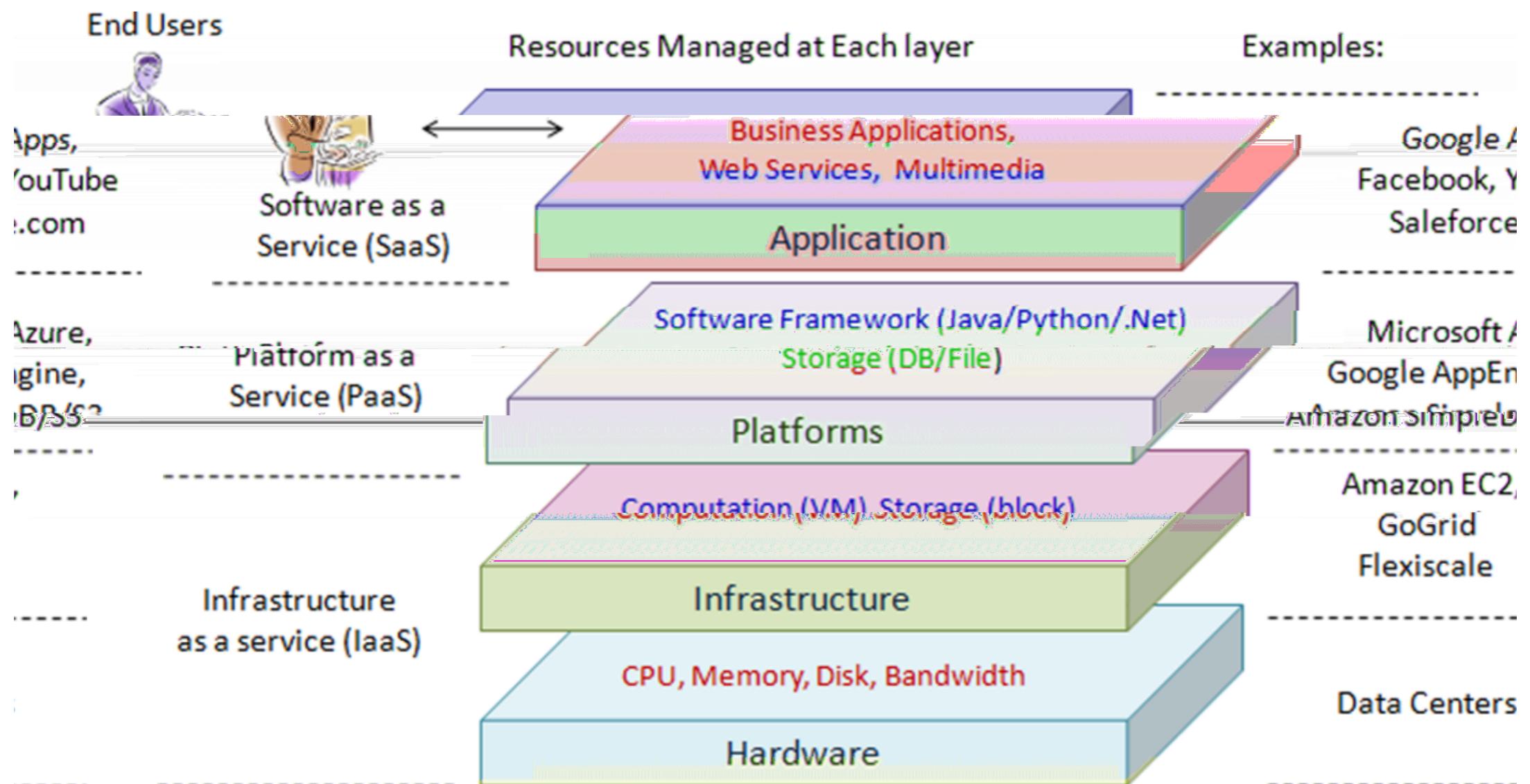
- Em [Gubbi et al. 2013]:

"Interconexão de dispositivos sensores e atuadores provendo a habilidade de compartilhar informações entre plataformas através de um framework unificado e de uma infraestrutura operacional comum para permitir aplicações inovadoras."

Computação em Nuvem

- Teve origem na adoção de serviços Web em larga escala na Internet
 - Oferece acesso global as aplicações e serviços
 - Possibilitou uso eficiente e otimizado dos recursos de hardware e software em ambientes de TI
- Permite a alocação dinâmica de recursos e o provisionamento elástico de sua infraestrutura
 - Gerenciamento automatizado
 - Balanceamento de carga
 - Virtualização

Arquitetura de Computação em Nuvem



Fonte: [Zhang et al. 2010]

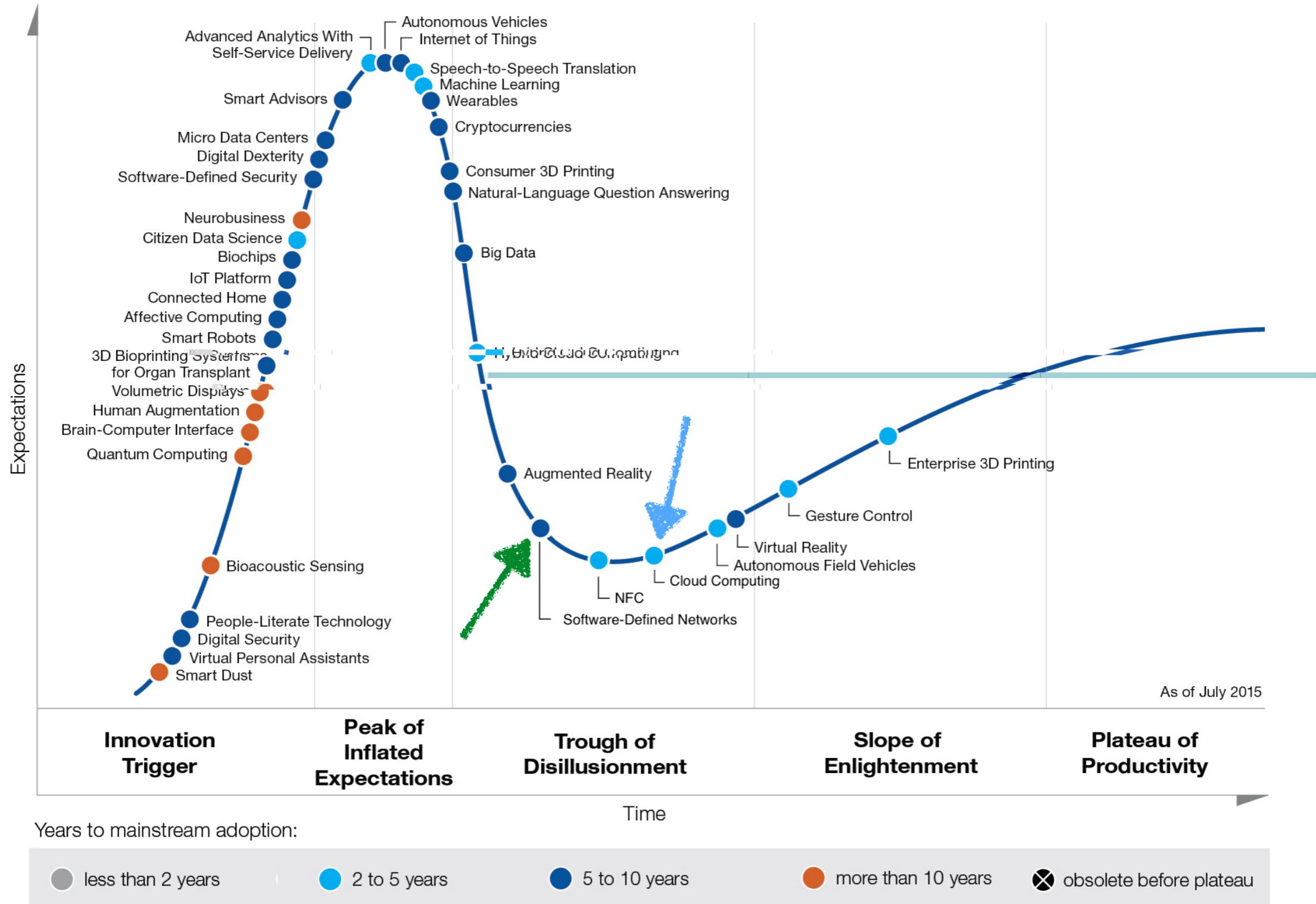
Tipos de Nuvem

- A diversidade de clientes e serviços gerou diferentes modelos de desenvolvimento
 - Nuvem Privada (*Private Cloud*)
 - Nuvem Comunitária (*Community Cloud*)
 - Nuvem Pública (*Public Cloud*)
 - Nuvem Híbrida (*Hybrid Cloud*)
- Cada tipo de nuvem tem suas próprias vantagens e desvantagens
 - Diferentes aspectos do negócio
 - Requisitos dos usuários
 - Os ambientes computacionais envolvidos

Tecnologias de Nuvem

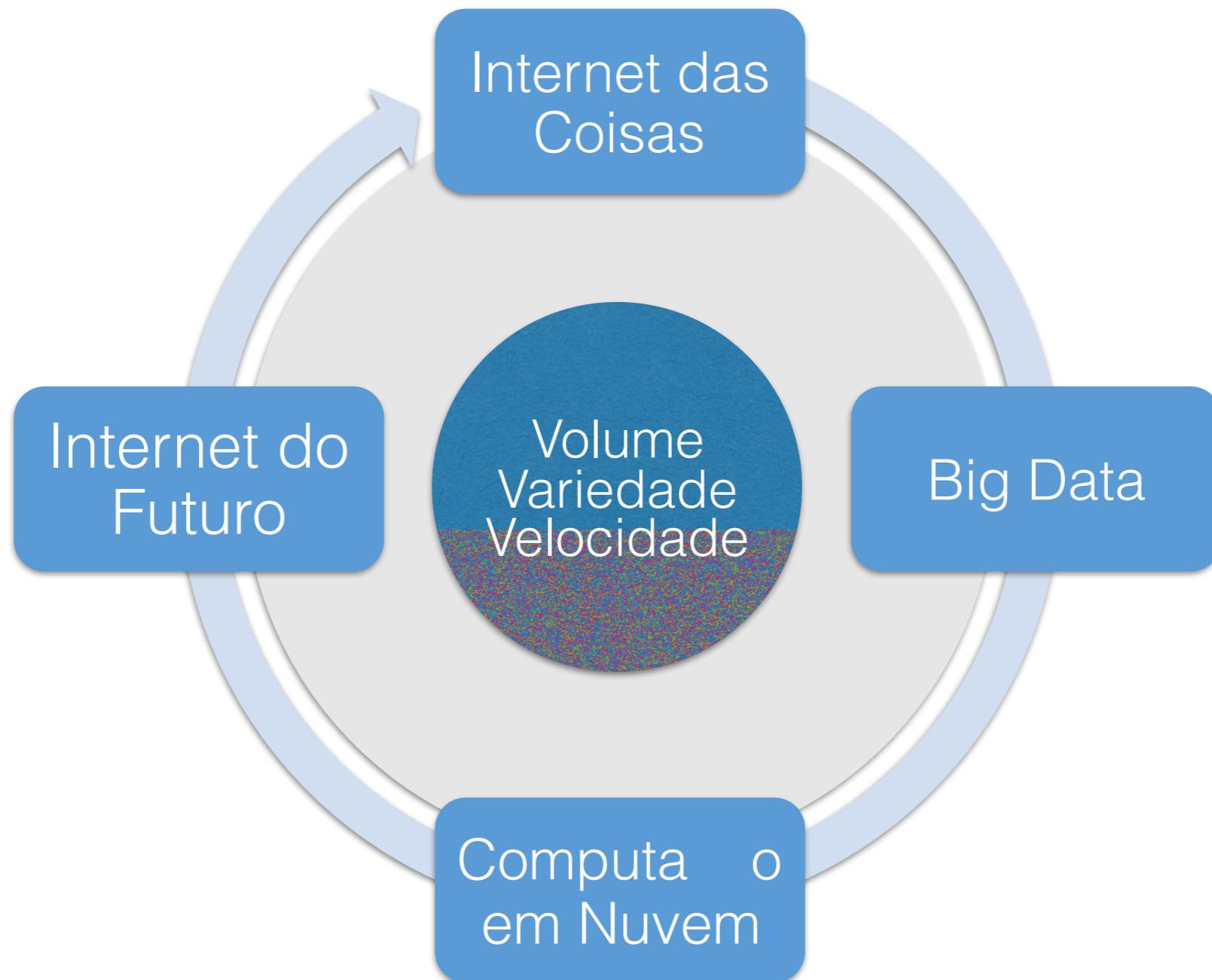
- Diferentes exemplos já se consolidaram na Internet
 - Oferecem vantagens técnicas e econômicas do modelo
- Empresas conservadoras continuam cautelosas quanto à segurança das informações
 - Novos serviços híbridos começam a ser oferecidos
 - Migram seus recursos menos críticos para Nuvem
- A fase de plenitude ainda não foi alcançada
 - Falta um entendimento completo de suas potencialidades
 - Agregação com outras tecnologias emergentes

Hype Cycle do Gartner



Fonte: [Gartner Inc. 2015]

Ciclo de Inovação em IoT



Computação em Nuvem e IoT

- Tecnologias evoluíram de forma independente
 - Apresentam definições distintas
 - Possuem cenários de aplicação específicos
- Pesquisas atuais propõem sua integração
 - Descritas como *Cloud of Things* ou *Cloud IoT*
 - Baseada em aspectos complementares

Característica / Paradigma	IoT	Nuvem
Modelo de computação	parcenário ou pervasivo	centralizado
Disponibilidade de acesso	local ou limitado	global ou ubíquo
Natureza dos componentes	objetos físicos	recursos virtuais
Capacidade de processamento	limitada	virtualmente ilimitada
Capacidade de armazenamento	limitada ou nenhuma	virtualmente ilimitada
Função da Internet	ponto de convergência	meio de prover serviços
Análise de dados	análise em tempo real	análise de <i>Big Data</i>

Motivadores da Nuvem IoT

- Em [Botta et al. 2016] os fatores que motivam essa integração são classificados em três categorias
 - Motivadores de Comunicação
 - Motivadores de Armazenamento
 - Motivadores de Processamento
- Outros Motivares são considerados transversais e tem impacto em todas as categorias

Motivadores de Comunicação

- A Nuvem fornece uma infraestrutura que facilita compartilhamento de dados e aplicações
- Oferecem uma forma eficaz para conectar, controlar e gerenciar dispositivos remotos
- Não oferecem restrições de tempo ou localidade
- Possuem acesso de alta velocidade
- Oferecem aplicativos através de interfaces customizadas na Internet

Motivadores de Armazenamento

- Buscam compensar as restrições de espaço para arquivos de dados nos dispositivos IoT
- A nuvem oferece um serviço de memória não volátil em larga escala e sob demanda
- Virtualização ilimitada de recursos
- Níveis configuráveis de segurança
- Manipulados ou compartilhados usando uma API

Motivadores de Processamento

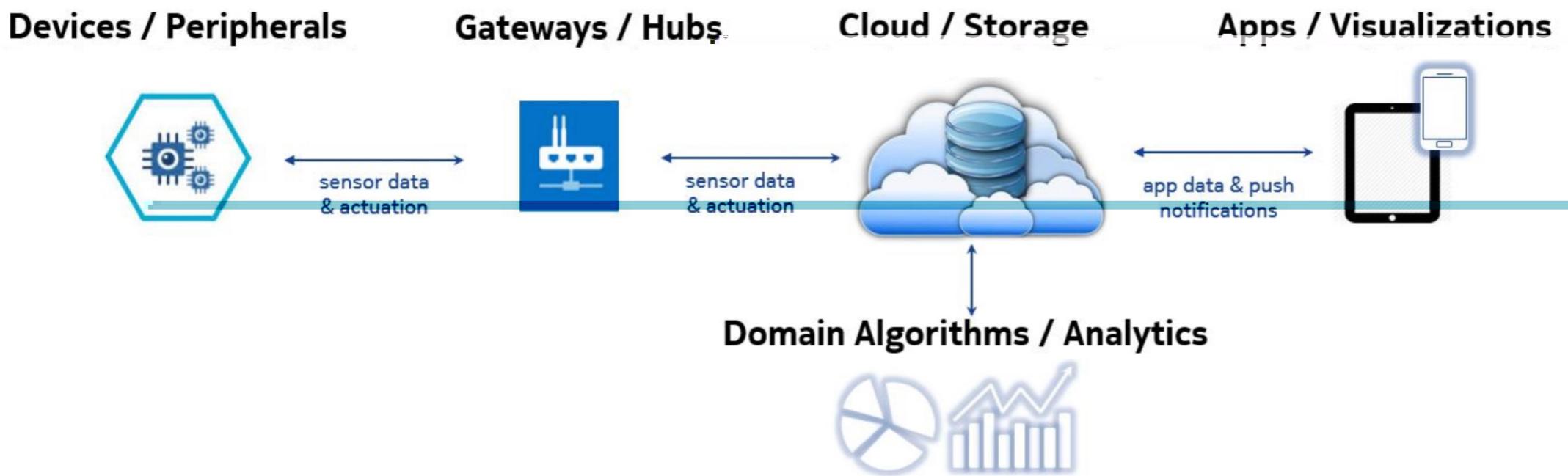
- Buscam compensar restrições de processamento local de algoritmos complexos
- Acesso a serviços externos sob demanda
- Permite economizar a energia dos dispositivos IoT
- Processamento virtualmente ilimitado
 - Realização de análise de dados
 - Controle de eventos complexos

Motivadores Transversais

- Nuvem vem abordando questões que também precisam ser tratadas em IoT
 - Heterogeneidade e interoperabilidade
 - Escalabilidade, flexibilidade e eficiência
 - Confiabilidade, segurança e disponibilidade
- Infraestrutura unificada torna possível uma rápida configuração e integração de novos elementos
 - Facilita a implantação dos serviços
 - Proporciona meios para aumentar receitas
 - Reduz os riscos envolvidos

Arquitetura de Nuvem IoT

- Computação em Nuvem pode se beneficiar da IoT
 - Suporte a situações do mundo real
- A arquitetura em Nuvem IoT deve fornecer uma camada intermediária
 - Prover funcionalidades entre objetos e aplicações



Fonte: [Taivalsaari and Mikkonen 2015]

Gateways

- Objetos sensores e atuadores respondem pedidos de outros componentes de capacidade superior
 - Os *gateways* são dispositivos de acionamento, coleta intermediária e transferência de dados
 - Diferentes protocolos de comunicação (com ou sem fio)
 - Permitem uma conexão segura entre diferentes redes
- Podem apoiar tarefas intermediárias
 - Armazenamento e cache de dados
 - Pré-processamentos e filtragem de dados
 - Descoberta de serviços e geo-localização
 - Gerenciamento e cobrança

Gateway da SYSTECH



Fonte: <http://www.systech.com/syslink-m2m-modular-gateway>

Nuvem IoT

- A Nuvem possui um papel central nesta arquitetura
 - Registro com informações ou metadados sobre os objetos
 - Componente abstrato que fornece API de programação
 - Independentemente da solução de armazenamento
 - Aquisição e armazenamento de dados
 - Sistemas escaláveis com replicação e tolerância a falhas
 - Requisitos de latência ou atraso dependem da aplicação
 - Funções de análise e visualização de informações
 - Examinar, relacionar e transformar os dados adquiridos
 - Diferentes algoritmos podem ser empregados na análise
 - Apresentação em diferentes interfaces (móvel, web, etc.)

Desenvolvimento em Nuvem IoT

- A Nuvem facilita o desenvolvimento de aplicações
 - Oferecem modelos de programação em alto nível
 - Facilitam o desenvolvimento de serviços em larga escala
- Fundamental para uma visão ubíqua em IoT
 - Interfaces integradas e confiáveis para programação remota
 - Envolve diferentes dispositivos móveis e sensores
 - Ações baseadas em informações históricas ou instantâneas

Paradigmas de Serviço

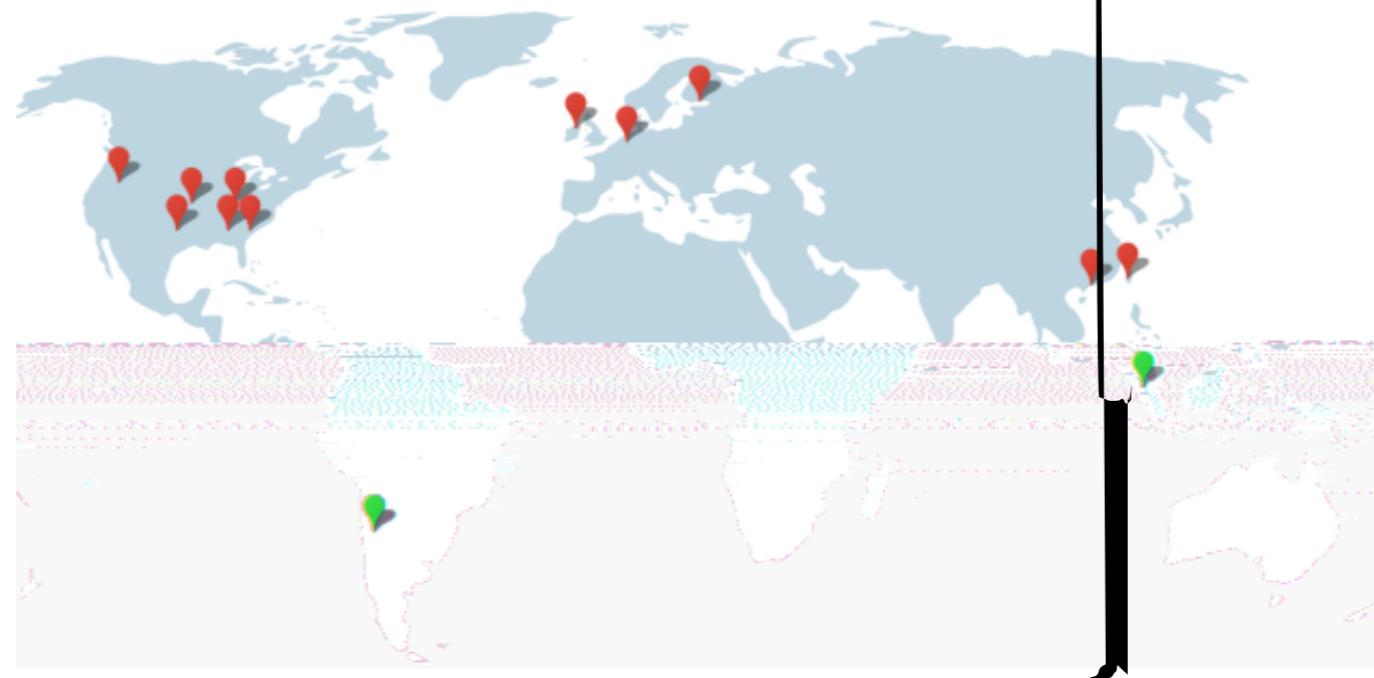
- A adoção de um modelo em Nuvem IoT permite a novos paradigmas de serviço inteligentes
 - Baseados na capacidades de seus componentes para lidar com uma série de cenários futuros
 - Descritos genéricamente em como XaaS (*Everything as a Service*) [Duan et al. 2015]
 - Incorporam diferentes aspectos de "coisas"como serviço ou *Things as a Service* (TaaS)

Paradigmas de Serviço

XaaS (por extenso)	Referências	Descrição
TaaS (Things as a Service)	[Distefano et al. 2012] [Mittone et al. 2012] [Auluck et al. 2012] [Christophe et al. 2011]	abstração de recursos heterogêneos com semântica similar a dos objetos
SaaS (Sensing as a Service)	[Zaslavsky et al. 2013] [Rao et al. 2012] [Dash et al. 2010]	acesso ubíquo a dados de sensores
SAaaS (Sensing and Actuation as a Service)	[Rao et al. 2012]	implementação da lógica de controle e automação
SEaaS (Sensing Event as a Service)	[Rao et al. 2012] [Dash et al. 2010]	envio de mensagens desencadeadas por eventos em sensores
SensaaS (Sensor as a Service)	[Zaslavsky et al. 2013]	gerenciamento ubíquo de sensores remotos
DBaaS (Database as a Service)	[Zaslavsky et al. 2013]	gerenciamento ubíquo de banco de dados
DaaS (Data as a Service)	[Zaslavsky et al. 2013]	acesso ubíquo a qualquer dado
EaaS (Ethernet as a Service)	[Zaslavsky et al. 2013]	conectividade em nível de camada 2 para dispositivos IoT
IPMaas (Identity and Management as a Service)	Policy [Zaslavsky et al. 2013]	gerenciamento de políticas de acesso e identidade

Problemas do Modelo Nuvem IoT

- Os sistemas de Nuvem são altamente centralizados
 - Maioria da computação ocorre em poucos e grandes centros de dados espalhados pelo mundo
 - Possuem um custo elevado em termos de comunicação e consumo de energia



Localiza o de centros de dados públicos do Google

Problemas do Modelo Nuvem IoT

- Apesar das potenciais vantagens da Nuvem alguns cenários não são favoráveis
 - Dispositivos podem estar geograficamente próximos
 - Ineficiente transmitir todos os dados de sensoriamento para núcleos de processamento distantes
 - Necessário esperar por comandos a partir de um centro remoto para dispositivos atuadores individuais
 - Eventuais sobrecargas e atrasos da Internet tornam as soluções IoT com requisitos de baixa latência impraticáveis

Problemas do Modelo Nuvem IoT

- As soluções que exigem uma latência muito baixa a nível de aplicação são desafiadoras na Internet
 - Imagine uma partícula viajando a velocidade da luz (186,3 milhas por milésimo de segundo)
 - Levaria aproximadamente 22,5 ms para viajar ida e volta a menor distância de costa a costa (2092 milhas) dos EUA
- Esse tempo de latência já inviabilizaria diferentes tipos de aplicações de tempo real
 - Ainda tempos que considerar atrasos de buffering ou filas
 - Qualquer tipo de processamento realizado na Nuvem

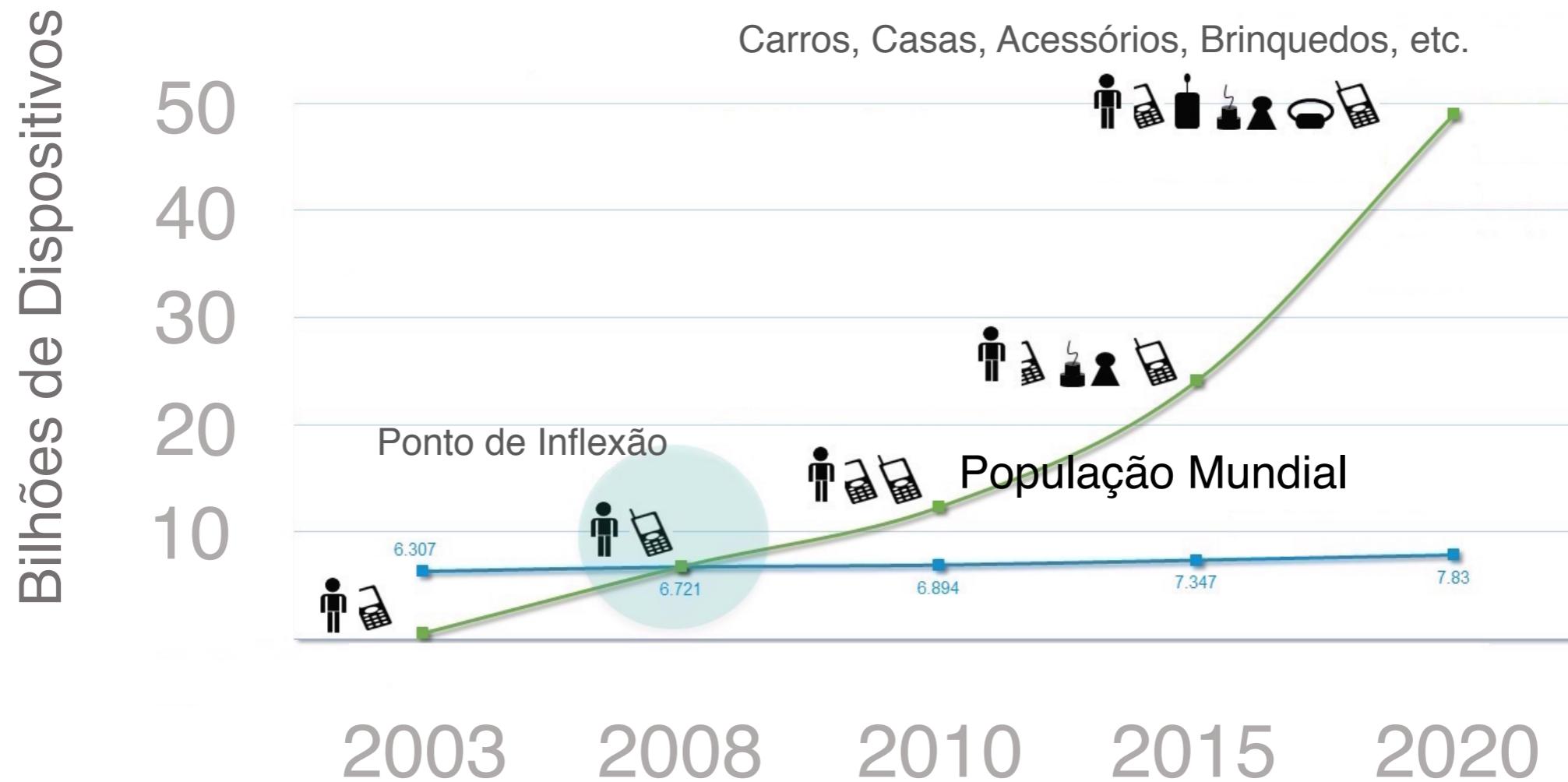
Latência em Escala Logarítmica

Exemplos de aplicações	Latência	Implementação
Download de grandes arquivos	100s	Fácil com Nuvem
Youtube, Automação residencial	10s	
Busca na Web, Leitura de sensores	1s	Desafiadora com Nuvem
Web interativa, Prédios inteligentes, Análise	100ms	
Realidade virtual, Transporte inteligente, Jogos	10ms	Impossível com Nuvem
Robótica, Internet Tátil, Processos industriais	1ms	

Fonte: [Simsek et al. 2016]

Perspectivas de Crescimento para IoT

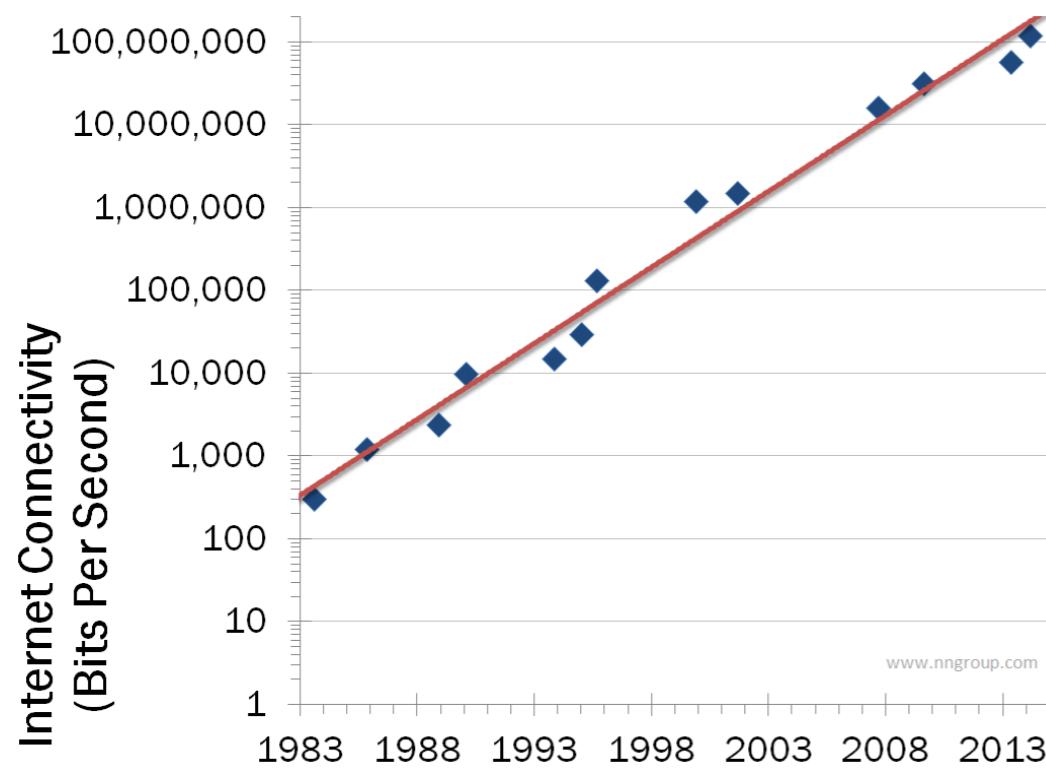
- O número de objetos gerará enorme quantidade de dados produzidos nas extremidades da Internet



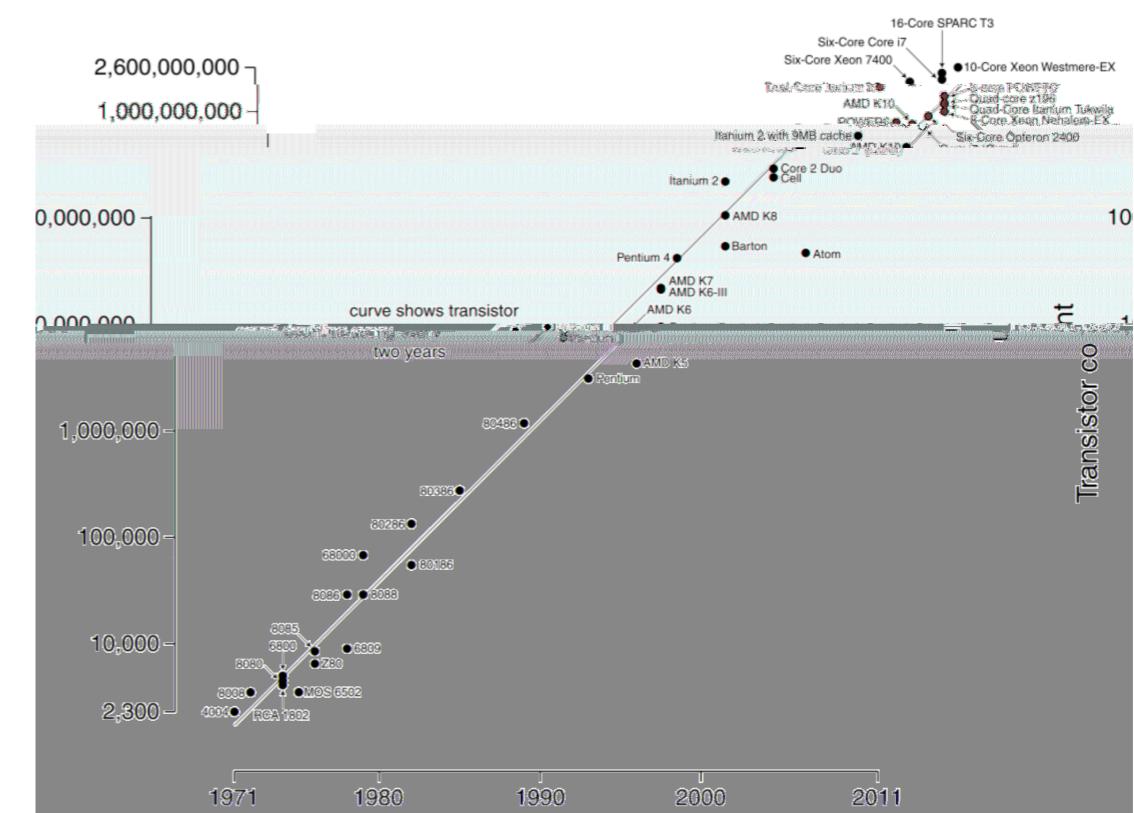
Fonte: Cisco IBSG, UN Economic & Social Affairs (2004)

Moore x Nielsen

- Para manter a adoção de Nuvem IoT é necessário equalizar a oferta e a demanda pelos serviços de comunicação de dados



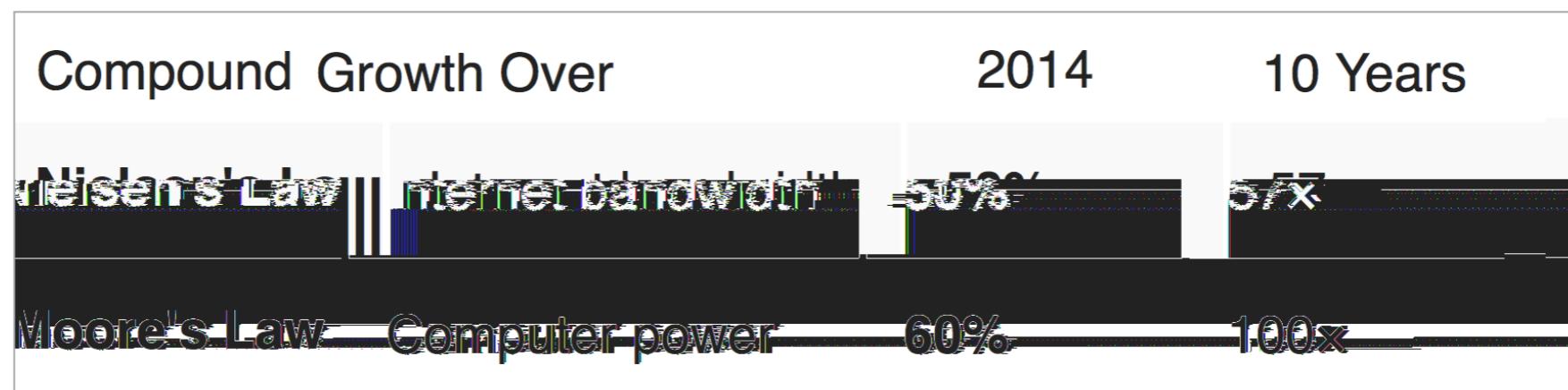
Fonte: <http://www.nngroup.com/articles/law-of-bandwidth/>



Fonte: Google Research, Brief history of Moore's Law

Problemas do Modelo Nuvem IoT

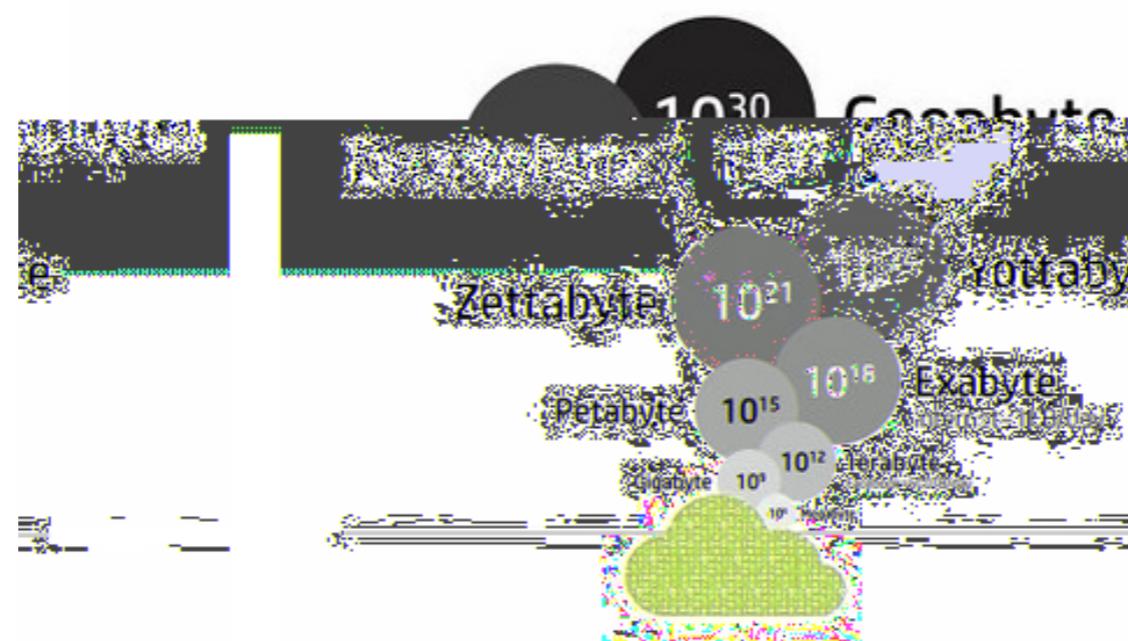
- O custo final de largura de banda diminui a uma taxa inferior a processamento e armazenamento
 - O aumento do poder computacional torna os dispositivos miniaturados cada vez mais acessíveis e produtivos
 - A capacidade de enviar dados a partir da borda da Internet para a Nuvem enfrenta a concorrência aos recursos de comunicação disponíveis



Fonte: Nielsen Norman Group (2014)

Problemas do Modelo Nuvem IoT

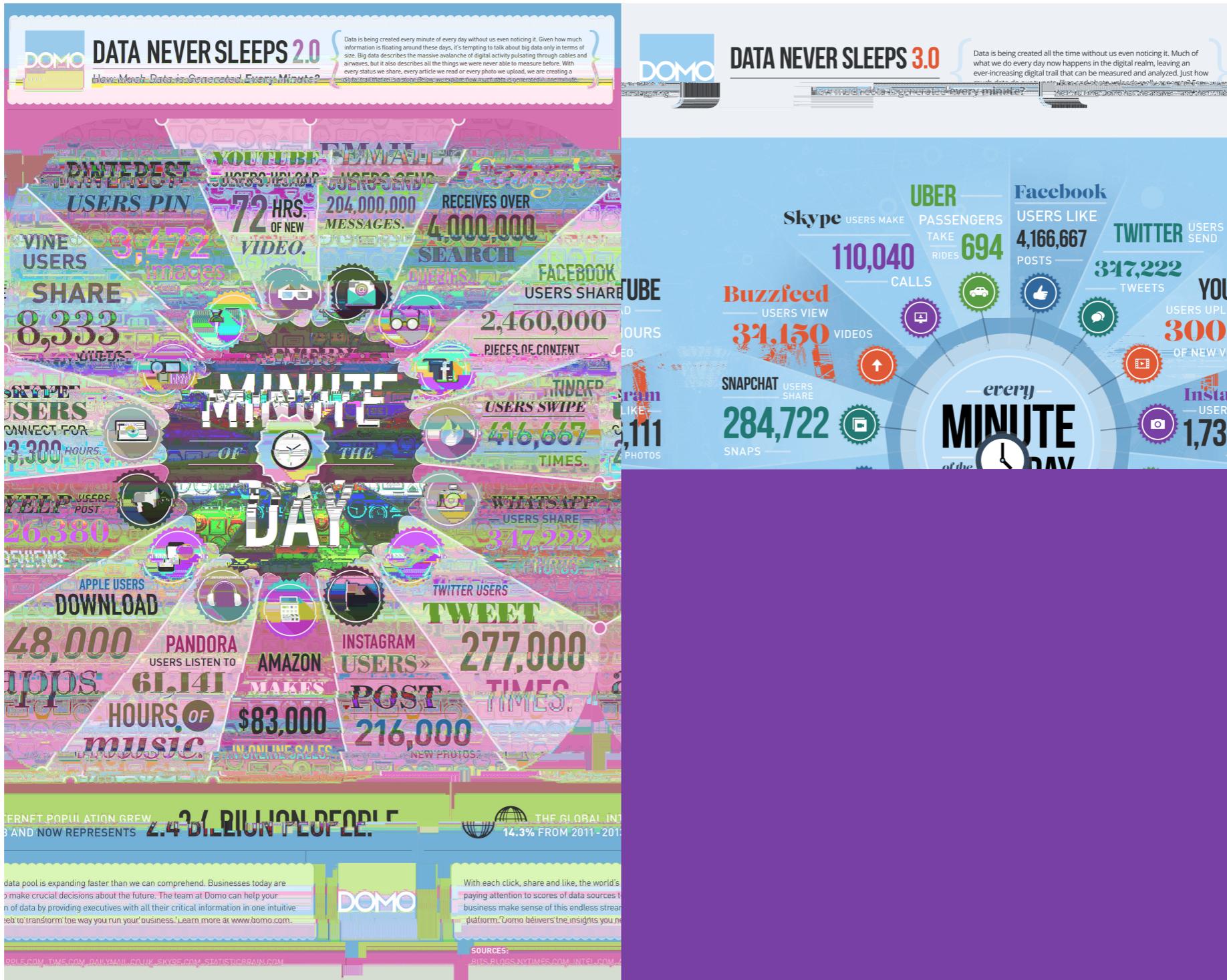
- Em 2014 o volume de dados gerado por objetos IoT ultrapassou 200 exabytes [ABI Research 2015]
 - Estimado um total anual de 1,6 zettabytes em 2020
 - Apenas uma pequena percentagem dos dados produzidos são enviados e ou armazenados em Nuvem
 - A maioria é processado ou armazenado localmente e não estão acessíveis para análise de dados



Gravidade dos Dados

- Mais de 90% dos dados do planeta foram criados nos últimos 2 anos através da Internet
- Muitos provedores de nuvem apenas sobrevivem atualmente por conta desse fenômeno
 - Os servidores de Nuvem podem cobrar diferentes taxas para envio e retirada de dados do serviço
 - Usuários viram dependentes do provedor do serviço

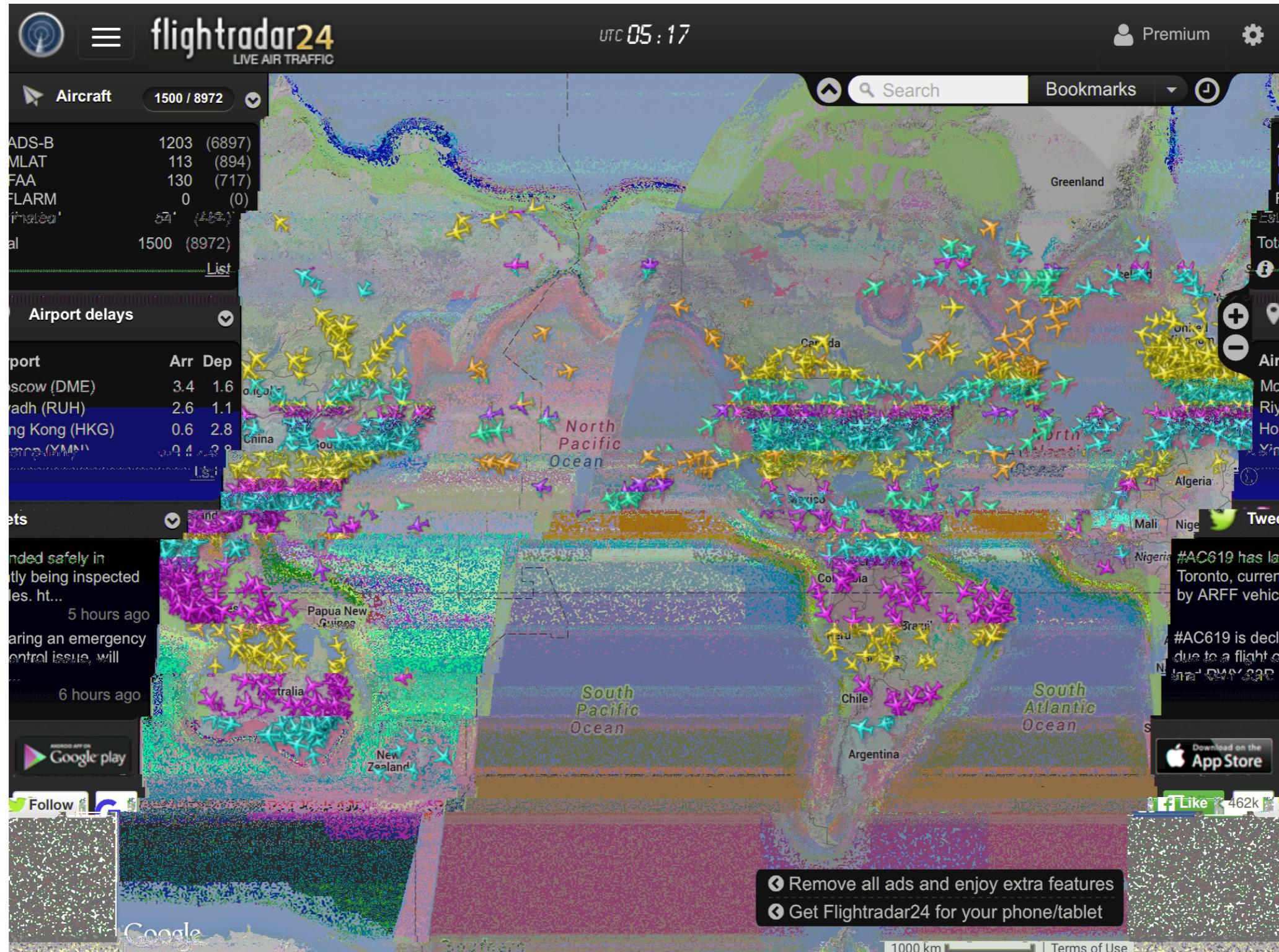
Gravidade dos Dados



Gravidade de Dados em IoT



Gravidade de Dados em IoT



Tecnologias Emergentes de Nuvem IoT

- Nem todos os dados estarão localizados no núcleo da arquitetura de Nuvem IoT
 - Crescimento da IoT estimula efeito da gravidade de dados
 - Aplicativos também serão atraídos para borda da Internet
 - Tirar vantagem do poder computacional dos dispositivos móveis (realidade virtual, sensoriamento e navegação)
- Diferentes técnicas podem minimizar a quantidade de dados enviados para Nuvem
 - Processamento local em elementos periféricos
 - Melhora o tempo de resposta das aplicações
 - Fundamentais para redução dos custos envolvidos

Tecnologias Emergentes de Nuvem IoT

- O conceito de borda de rede envolve provedores de acesso à Internet (*Internet Service Provider, ISP*)
 - As aplicações dos usuários são executadas em redes sem fio ou redes de rádio celular de acesso a Internet
 - Fazendo uso de informações em tempo real podem tornar mais inteligente a entrega do serviço ao usuário (VoD)
- Por exemplo, o código de uma aplicação poderia ser dividida em três partes
 - O aplicativo cliente executado no celular do usuário
 - Os serviços remotos executados a partir da Nuvem
 - Os serviços locais executados junto (ou em nível acima) da estação base de acesso do usuário

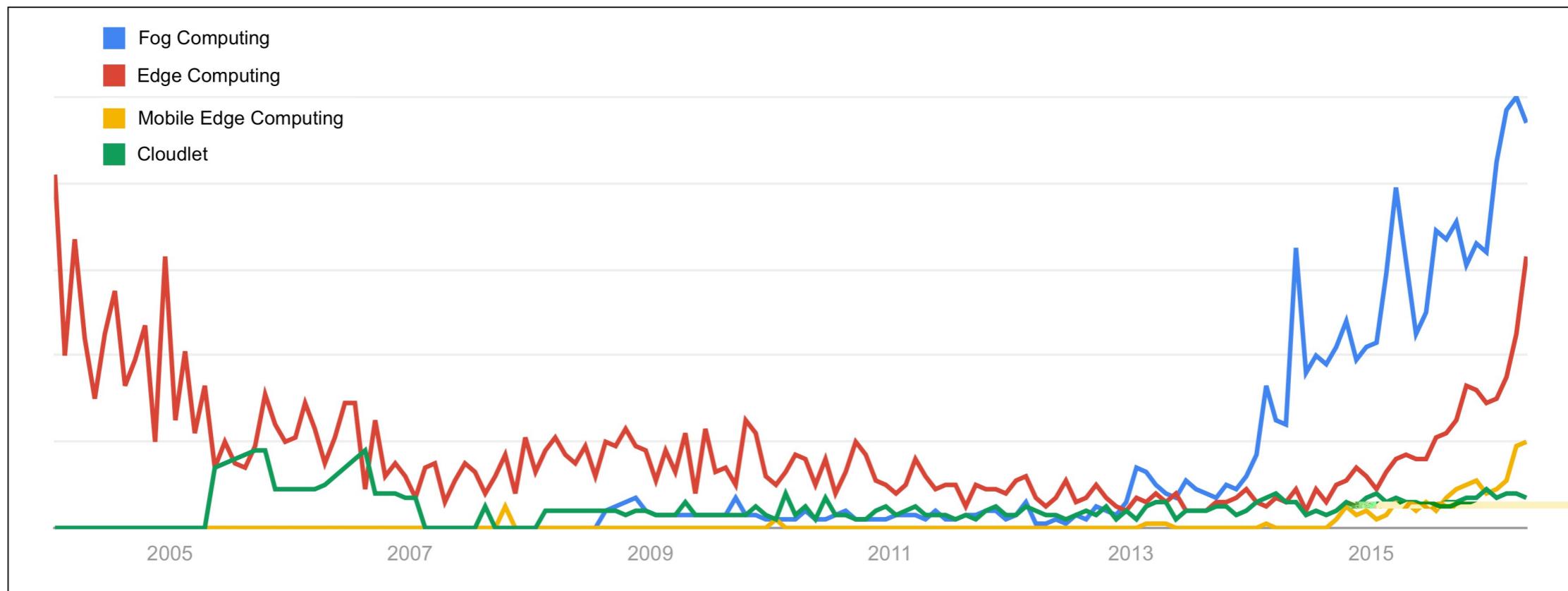
Tecnologias Emergentes de Nuvem IoT

- Uma infraestrutura em Nuvem IoT extensível para borda da rede depende de diferentes atores
 - ISPs, nuvem, desenvolvedores IoT, padronização, etc.
 - Como dar suporte a computação na borda da rede?
- A indústria de telecomunicações vem buscando empregar diferentes tecnologias facilitadoras
 - Redes programáveis através de *Software Defined Network* (SDN) e *Network Functions Virtualization* (NFV)
 - Fatiamento (*slicing*) virtual da infraestrutura física
 - Interface de rádio flexível e incluindo suporte à cenários envolvendo alta largura de banda e baixa latência

Tecnologias Emergentes de Nuvem IoT

- Apenas a perspectiva de redes de comunicação não é suficiente para abordar os problemas
 - Recursos de computação são localizados próximos dos usuários para superar limitações
 - Diferentes propostas empregam terminologias distintas para representar conceitos semelhantes
 - *Edge Computing e Edge Cloud Computing*
 - *Cloudlets*
 - *Mobile Cloud Computing (MCC)*
 - *Mobile Edge Computing (MEC)*
 - *Micro Datacenters (MDC)*

Tecnologias Emergentes de Nuvem IoT



Fonte: [Google Trends 2016]

Edge Computing

- É o termo mais genérico empregado na Internet
 - Aparece em propostas que nem sempre envolvem conceitos da Computação em Nuvem ou IoT
 - Arquitetura de processadores
 - Fazenda de servidores
 - Banco de dados distribuídos
 - Replicação de caches, etc.
- O termo *Edge Cloud Computing* embora menos usado é mais adequado
 - Ressalta o relacionamento com as tecnologias de Nuvem

Cloudlet

- Pesquisadores da Carnegie Mellon University (CMU) apresentaram o conceito em 2009
 - surgiu a partir da convergência da computação móvel e da computação em Nuvem
 - Uma camada intermediária entre dispositivos móveis e a Nuvem que possui certos atributos definidos
 - Não guarda estados fisicamente (apenas cache)
 - Poderosa, bem conectada e segura ("data center in a box")
 - "Ao alcance das mãos" (próxima dos dispositivos)
 - Baseia-se em alguma tecnologia de nuvem padrão
 - Este trabalho pioneiro disponibilizou sistemas de código aberto em [Github 2016]

Mobile Cloud Computing (MCC)

- Técnicas onde processamento e o armazenamento são movidos dos dispositivos móveis para Nuvem
 - Esses dispositivos móveis não precisam possuir uma configuração avançada de hardware
 - Aplicações são executadas remotamente na Nuvem e acessadas através de conexões sem fio
 - A interação dos usuários com o sistema acontece por meio de interfaces leves ou navegadores web nos clientes

Mobile Edge Computing (MEC)

- Suporte da Computação em Nuvem através das estações base nas redes móveis de rádio
 - Promove a implementação de recursos de Computação em Nuvem e um ambiente de TI na borda da rede celular
 - Padrão definido pelo ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)
 - Envoj 0 0 30 0 0 Tm /TT2 2 (o) -02 (n) -0.2 (l) -0.2 (a) -0.2n (d) -0.

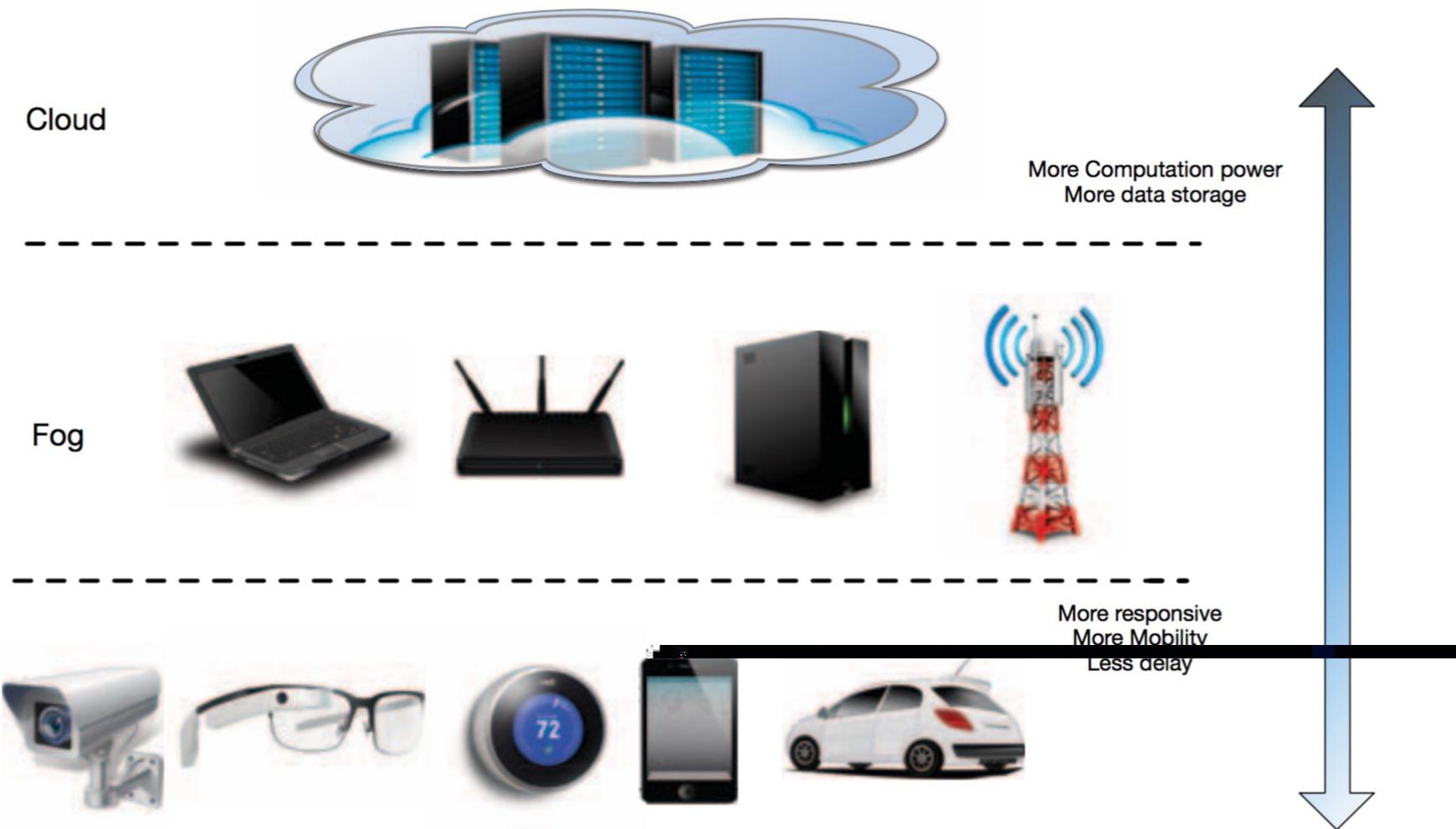
Micro e Modular Data Centers (MDC)

- Uma alternativa para centros de dados tradicionais
 - Um centro de dados modular pode ser colocado em qualquer lugar onde sua capacidade é necessária
 - Os módulos podem ser integrados ou adaptados a um centro de dados existente
 - São projetos visando rápida implantação, eficiência energética e pode de computação a um custo menor
 - Optimizam o desempenho dos pequenos dispositivos e melhoram a performance das aplicações dirigidas a IoT

Pontos Comuns das Soluções

- Mini-centros de processamento de dados
 - Uma versão em miniatura de um ambiente de Computação em Nuvem com suporte a virtualização de recursos
 - São os *fog nodes*, *cloudlets*, *servidores MEC*, etc.
 - Mantidos em acordo por ISPs e provedores de Nuvem
- Distribuição de recursos em larga escala
 - Localização dependerá de fatores como economia de energia ou requisitos de latência das aplicações
 - Distribuídas no mínimo com arquitetura em três camadas

Arquitetura *Cloudlet/MEC/MDC*



Fonte: [Yi et al. 2015c]

Pontos Comuns das Soluções

- Infra-estrutura e plataforma como serviço
 - Seguindo os modelos de serviço IaaS e PaaS
 - Aplicações implementadas usando ambientes de VM
 - Possibilita a migração de VMs em tempo de execução e sob demanda entre as pequenas Nuvens
- Serviços especiais
 - Serviços exclusivos apenas em algumas pequenas Nuvens
 - Usam informações apenas presentes na rede local ou em suas proximidades
 - Informações usadas pela aplicação em tempo real

Computação em Névoa (*Fog Computing*)

- Uma arquitetura em nível de sistema que estende as capacidades da Computação em Nuvem
 - O objetivo é descer todas as capacidades da Nuvem para "o chão" ou próximo dos usuários com suporte da rede
 - É um superconjunto das arquiteturas de computação em borda da rede (MEC, *Cloudlet*, etc.)
 - Propriedades como virtualização, orquestração, multi-arrendatário, hierarquia e segurança são ideais para IoT
 - Proposta em [Bonomi et al. 2012] possui características que tornam a Névoa uma extensão não-trivial da Nuvem

Propriedades da Computação em Névoa

- Reconhecimento de localidade e baixa latência
 - Sua origem pode ser atribuída às propostas anteriores
 - Envolve pontos de acesso com suporte a serviços sofisticados na borda da rede
 - Suporte a aplicações com requisitos de baixa latência como jogos, streaming de vídeo e realidade aumentada
- Distribuição geográfica
 - Nítido contraste com a computação centralizada da Nuvem
 - Serviços e aplicações orientadas para Névoa demandam implantações amplamente distribuídas
 - Servidores *proxies* e pontos de acesso posicionados ao longo das ruas, avenidas e estradas

Propriedades da Computação em Névoa

- Suporte a redes de sensores em larga escala
 - Controle e a oferta dos recursos computacionais em uma escala M2M (*Machine-to-Machine*)
 - Suporte a tempo determinístico (algumas vezes)
- Grande número de nós
 - É uma consequência da ampla distribuição geográfica promovida pelas redes de sensores em geral
 - Os serviços são executados pelos nós presentes na Névoa como parte de uma aplicação em Nuvem distribuída
 - Nós de múltiplas dimensões (tamanhos, escalabilidade, performance, capacidade, etc.)

Propriedades da Computação em Névoa

- Suporte a computação móvel
 - Em muitas aplicações de névoa é essencial uma comunicação direta com os dispositivos associados
 - Permitir o suporte às diferentes técnicas que podem ser empregadas na computação móvel
- Interações em tempo real
 - As principais aplicações em Névoa envolvem interações em tempo real, em vez do processamento em lote
 - Necessário a disponibilização e o gerenciamento dos recursos de forma local
 - Auxiliar no cumprimento dos requisitos de tempo de execução das aplicações

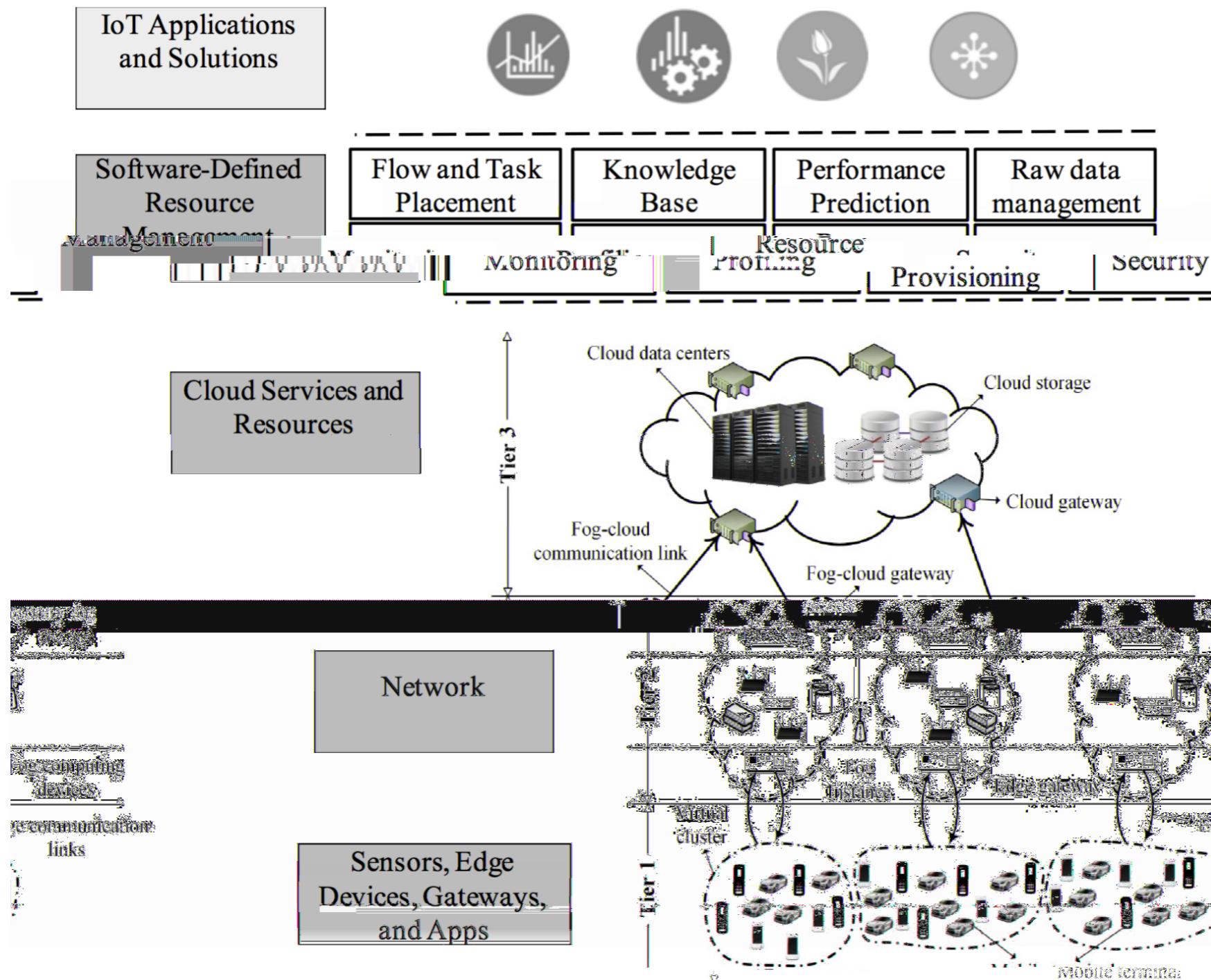
Propriedades da Computação em Névoa

- Predominância do acesso sem fio
 - Em IoT a comunicação sem fio (RFID, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi ou LTE) pode ser a única forma de conexão em rede
 - Os nós presentes na Névoa devem oferecer serviços que só podem ser exigidos no contexto da IoT
- Heterogeneidade
 - Pela sua abrangência e escopo, os dispositivos na Névoa podem ser oferecidos por diversos fabricantes
 - Podem empregar diferentes ambientes e envolver variados desenvolvedores, linguagens e protocolos

Propriedades da Computação em Névoa

- Interoperabilidade e federação
 - O suporte contínuo e integrado de certos serviços requer a cooperação de diferentes provedores
 - Os componentes de névoa devem ser capazes de interagir de forma orquestrada e os serviços devem ser federados
- Análise de dados em tempo real
 - Interagindo com a Nuvem e perto das fontes de dados, a Névoa está bem localizada para desempenhar esse papel
 - Pode prover a ingestão e processamento de dados em Big Data com restrições de tempo real

Arquitetura de Referência para Névoa



Fonte: [Dastjerdi et al. 2016] e [Sarkar et al. 2015]

Arquitetura de Referência para Névoa

- O objetivo da arquitetura é permitir a extensão dos serviços de Nuvem até a borda da rede
 - Envolve execução de aplicações por elementos distribuídos em camadas entre os dispositivos sensores e a Nuvem
- Na camada inferior formada pelos dispositivos IoT
 - Os objetos inteligentes, redes de sensores e atuadores, dispositivos finais e *gateways*
 - Inclui aplicativos que podem ser instaladas nos dispositivos finais para ampliar sua funcionalidade
 - Os dispositivos podem usar a camada acima de rede para a comunicação com outros dispositivos ou com a Nuvem

Arquitetura de Referência para Névoa

- Na camada de rede deve favorecer a conexão de outros elementos ou dispositivos
 - Não necessariamente sensores ou atuadores, conectados através de tecnologias de rede com ou sem fio
 - Pode prover acesso a recursos de rede virtualizados como instâncias de Névoa através de elementos inteligentes
 - Capazes de processar e armazenar temporariamente dados coletados pelos *gateways* da camada inferior
 - Dispositivos de Névoa também são responsáveis por filtrar e enviar informações para Nuvem periodicamente

Arquitetura de Referência para Névoa

- Acima da camada de Rede é onde são executados os serviços de suporte a Internet das Coisas
 - Processamento de tarefas para aplicações que precisam de recursos virtualmente ilimitados disponíveis na Nuvem
 - Os *gateways* de Nuvem permitem a interconexão entre os elementos na Névoa e os provedores de Nuvem
- Acima da camada de Nuvem reside o software de gerenciamento de recursos
 - Coordena de forma global a infraestrutura disponível
 - Oferece qualidade de serviço para as aplicações em Névoa
- Na camada superior estão as aplicações
 - utilizam a infraestrutura para fornecer soluções inovadoras e inteligentes para os usuários finais

Gerenciamento de Recursos em Névoa

- O gerenciamento de recursos definido por software oferece diferentes serviços de middleware
 - Otimiza o uso dos recursos de Nuvem e Névoa em benefício das aplicações
 - Reduz a carga de utilização ao mesmo tempo que melhora o desempenho das aplicações
 - Transfere a execução de tarefas para os nós da Névoa oferecendo níveis aceitáveis de latência

Gerenciamento de Recursos em Névoa

- Implementado através de componentes que tratam diferentes aspectos de forma global
 - Monitoramento
 - Base de dados de dondito
-

Gerenciamento de Recursos em Névoa

- Monitoramento
 - Obtém informações sobre o desempenho e o estado das aplicações, recursos e outros serviços
 - Fornece essas informações conforme solicitado
- Base de Dados de Conhecimento
 - Armazena informações históricas sobre a demanda de aplicações e recursos
 - Fornecidas a outros serviços para auxiliar o processo de tomada de decisão

Gerenciamento de Recursos em Névoa

- Previsão de Desempenho
 - Consulta informações na Base de Conhecimento para estimar o desempenho dos recursos disponíveis
 - É usada pelo serviço de Provisionamento de Recursos para decidir a quantidade de recursos que serão disponibilizados
- Localização de Fluxo e Tarefas
 - Mantém informações sobre o estado dos recursos a partir de consultas ao serviço de Monitoramento
 - Visa identificar os melhores candidatos para receber tarefas e para suportar os fluxos de execução

Gerenciamento de Recursos em Névoa

- Gerenciamento de Dados
 - Oferece visões sobre os dados para outros serviços através do acesso direto às fontes e arquivos históricos
 - Essas visões podem ser obtidas por meio de consultas SQL ou processamento complexos como MapReduce
- Gerenciador de Perfis
 - Estabelece perfis de recursos e aplicações baseadas em informações obtidas a partir da Base de Conhecimento e Monitoramento de serviços
- Segurança
 - Fornece serviços de autenticação, autorização e criptografia para acesso e execução de serviços e aplicações
 - Estendidos para todos os elementos da Névoa

Gerenciamento de Recursos em Névoa

- Provisionamento de Recursos
 - É responsável pela aquisição de recursos na nuvem, névoa e na rede para hospedar as aplicações
 - Esta alocação é dinâmica uma vez que o número de aplicações e seus requisitos mudam ao longo do tempo
 - Pode usar diferentes fontes para decidir sobre os recursos
 - Requisitos de latência das aplicações
 - Credenciais gerenciadas pelo Serviço de Segurança
 - Informações fornecidas por outros serviços como Gerenciador de Perfis, Previsão de Desempenho e Monitoramento
 - Transfere tarefas com requisitos de baixa latência para a borda da rede quando os recursos estão disponíveis

Agenda

1. Fundamentos sobre a Computação em Névoa
- 2. Aplicações em Computação em Névoa**
3. Plataformas para Computação em Névoa
4. Desafios para Computação em Névoa

Aplicações de Computação em Névoa

- Iniciativas para o emprego de soluções em Névoa devem surgir em diferentes setores
 - Existe um conjunto amplo de aplicações IoT que podem ser apoiadas pela computação em Névoa
 - Este tópico será então subdividido em cenários que são fundamentais, motivadores e beneficiários
 - Examinar técnicas usadas na implementação e organização desses sistemas

Aplicações de Computação em Névoa

- Iniciativas para o emprego de soluções em Névoa devem surgir em diferentes setores
 - Existe um conjunto amplo de aplicações IoT que podem ser apoiadas pela computação em Névoa
 - Examinar técnicas usadas na implementação e organização desses sistemas
 - Este tópico será então subdividido em cenários que são fundamentais, motivadores e beneficiários
 - Redes de sensores e atuadores
 - Analise de dados
 - Cache de dados
 - Gerenciamento de dados sobre saúde
 - Segurança em névoa
 - Redes de Veículos Conectados
 - Casas, Edifícios e Cidades Inteligentes

Redes de Sensores e Atuadores

- Possuem em comum a análise de dados em tempo real a partir de dispositivos sensores conectados
 - podem promover ações sobre seus elementos onde cada ação pode envolver
 - Comunicação Máquina-a-Máquina (*Machine-to-Machine*, M2M)
 - Interação Homem-a-Máquina (*Human Machine Interface*, HMI)
- Os Wireless Sensor Nodes (WSN) podem ser distribuídos em amplas áreas geográficas
 - São projetados para trabalhar com restrições de consumo de energia, processamento, memória e largura de banda
 - Atuam como fontes de dados unidirecionais para gateways estáticos

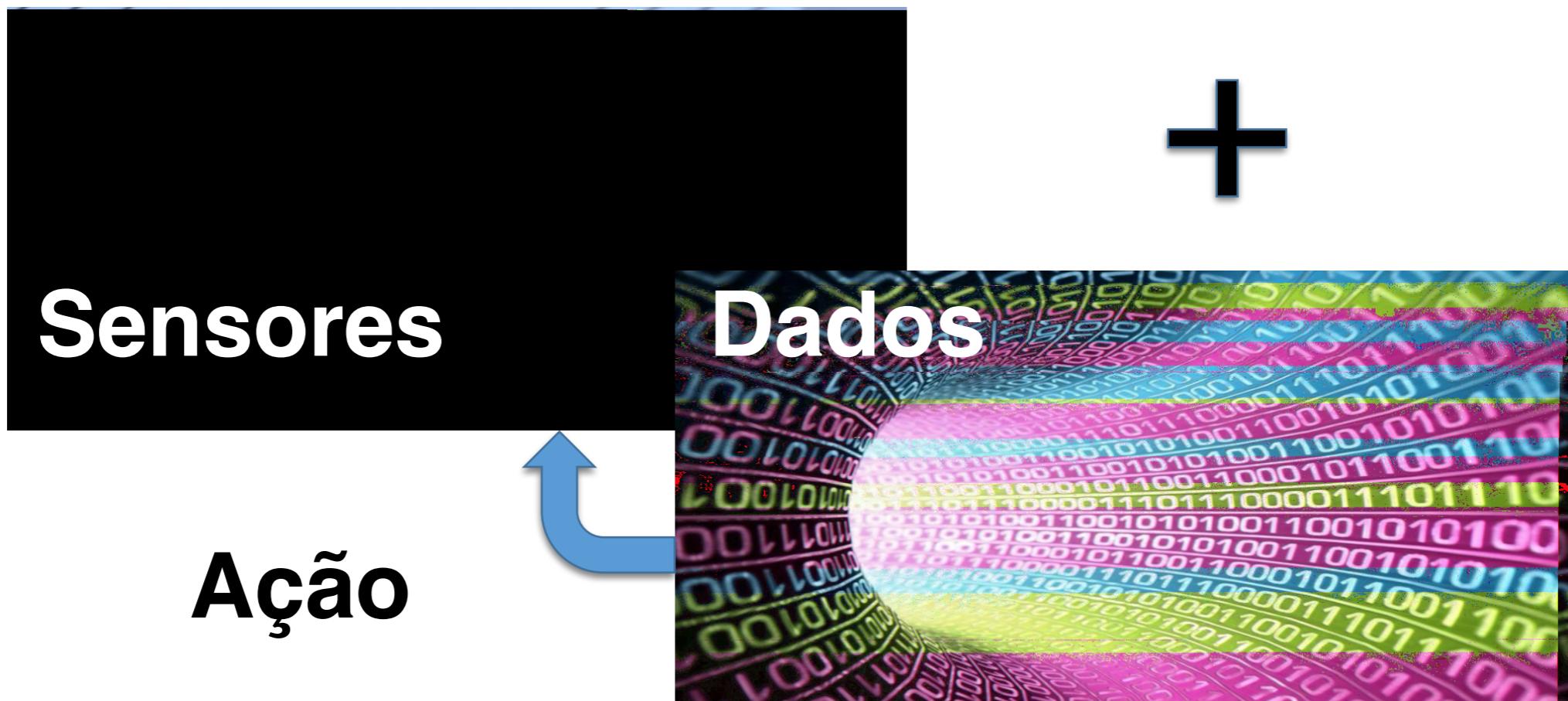
Redes de Sensores e Atuadores

- Possuem em comum a análise de dados em tempo real a partir de dispositivos sensores conectados
 - podem promover ações sobre seus elementos onde cada ação pode envolver
 - Comunicação Máquina-a-Máquina (*Machine-to-Machine*, M2M)
 - Interação Homem-a-Máquina (*Human Machine Interface*, HMI)
- Os Wireless Sensor Nodes (WSN) podem ser distribuídos em amplas áreas geográficas
 - São projetados para trabalhar com restrições de consumo de energia, processamento, memória e largura de banda
 - Atuam como fontes unidireccionais para *gateways* estáticos numa variedade de cenários envolvendo coleta de dados

Redes de Sensores e Atuadores

- Nas aplicações que exigem mais do que detecção e rastreamento é necessário o uso de atuadores
 - Com o uso de atuadores o fluxo de dados passa a ser bidirecional e as soluções sistemas de ciclo fechado
 - Problemas de estabilidade e comportamentos oscilatórios não podem ser ignorados
 - A latência e o jitter são questões dominantes em sistemas que requerem uma resposta rápida
- As características da Névoa são adequadas para suportar restrições em WSNs e WSANs
 - Proximidade, consciência de localidade, geo-distribuição e organização hierárquica
 - Propriedades típicas em Névoa e não em Nuvem

Análise de Dados em IoT



Dois Mundos em Colisão

- A Internet está mudando para facilitar a chegada de 50 bilhões de dispositivos nos próximos anos
 - Não se trata mais de "transporte de dados"
 - A rede está movendo-se para "inteligência sobre os dados" e "compreensão e ação"
- A análise de Big Data está mudando para promover ações sobre os objetos em tempo real
 - Não se pode levar os dados rápido o suficiente para a análise então trazemos a análise até os dados

Paradigmas da Análise de Dados

Tradicional: Armazena Primeiro, Consulta Depois

BD esperando consultas

Entrada de dados

Armazena dados para análise

- Consulta
- Analisa
- Notifica

Dados em Movimento: Processa Primeiro, Armazena Depois

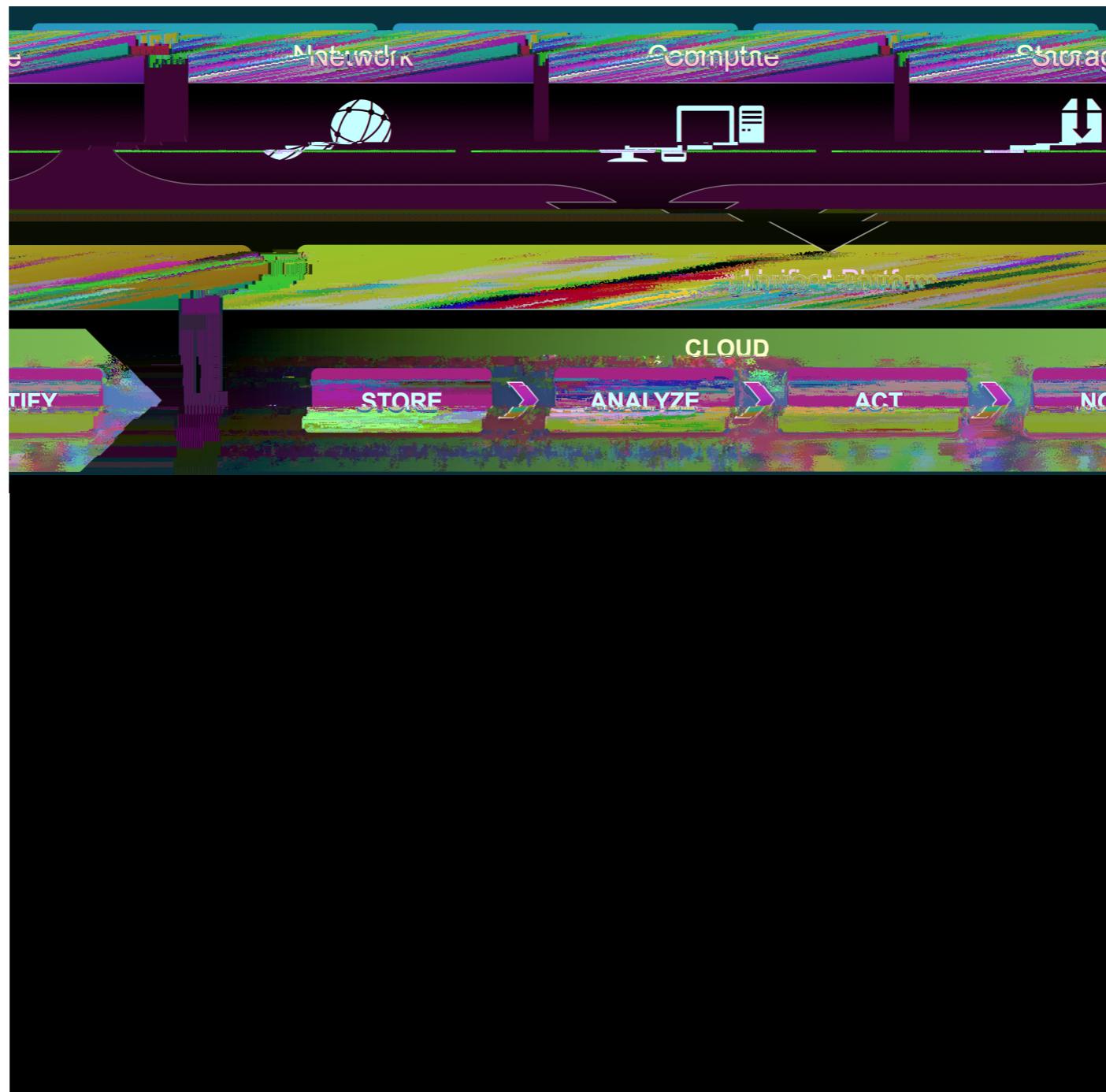
Consultas esperando Dados

Entrada de dados

Armazena fluxo de dados ou dados filtrados para análise futura

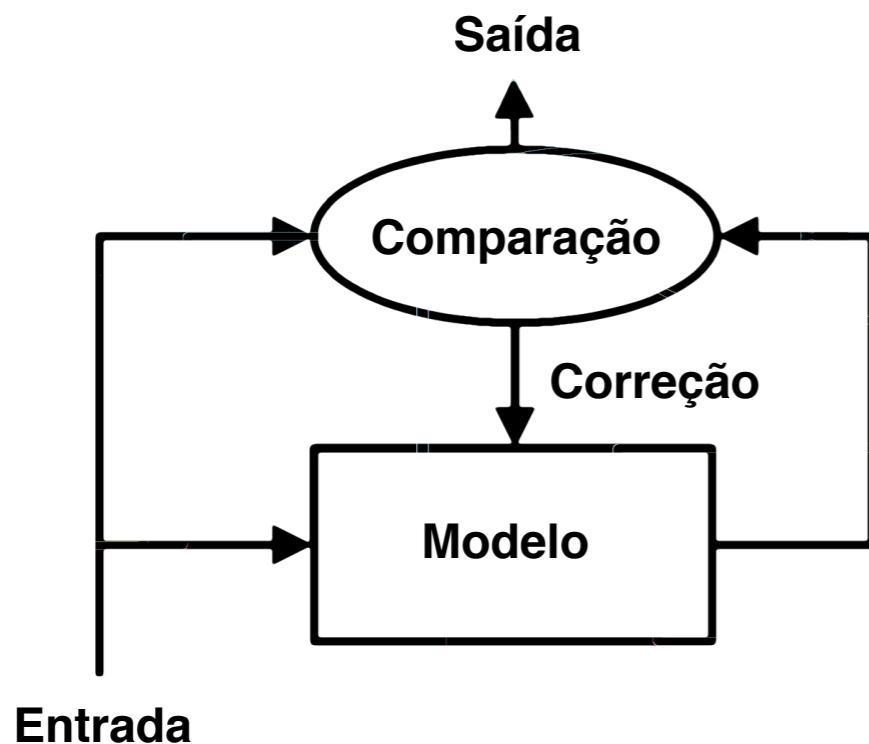
Analisa
Notifica

Paradigmas da Análise de Dados

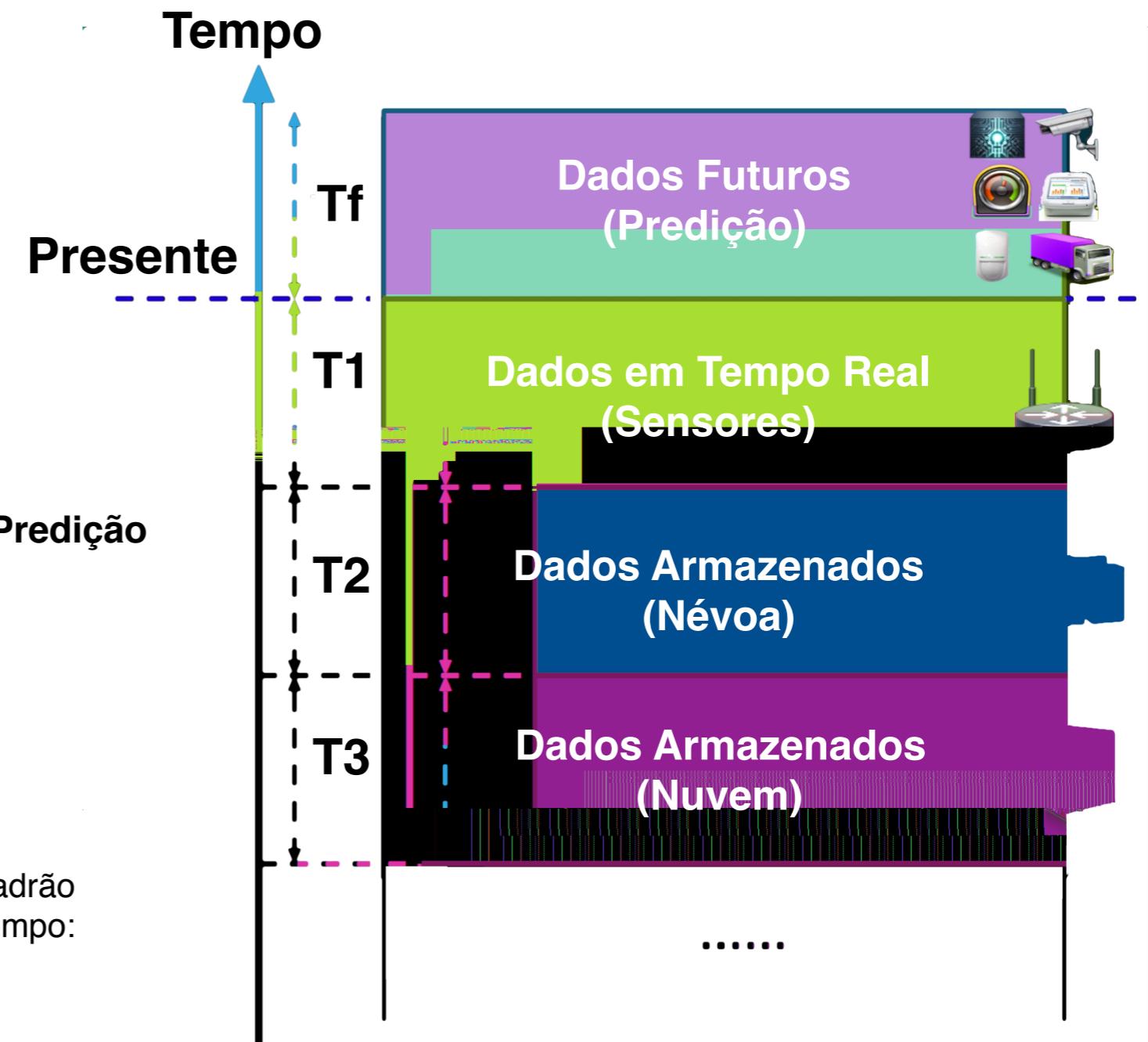


Fonte: Cisco, Inc. IOx - App Developer's guide (2014)

O Efeito Névoa no Tempo

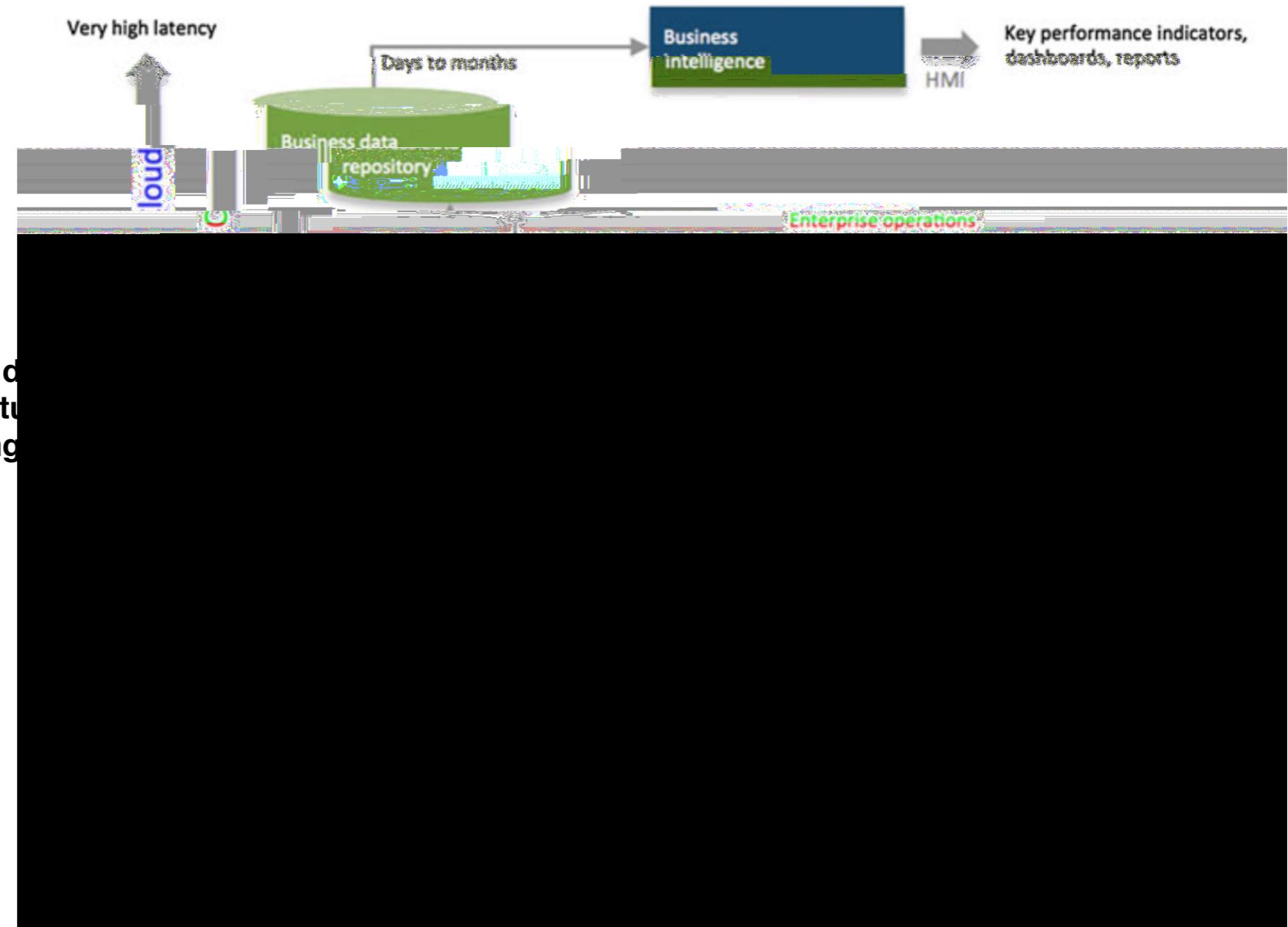


Os dados de um sensor pode exibir um padrão consistente ao longo de intervalos de tempo:
Filtragem, Predição, Ação em Tempo Real.



Dados na borda (dados em movimento), mudam-se para o núcleo (dados em repouso) ao longo do tempo:
Adaptive Systems, Machine Learning, Otimização

Diferentes Usos dos Mesmos Dados



Fonte: [Bonomi et al. 2014]

Transformando Dados em Conhecimento



Cache de Dados em Névoa

- Sistemas de cache em *Content Delivery Network* (CDN) e *Information Centric Network* (ICN)
 - São projetados para servir usuários tradicionais
 - Possuem interesses muito mais amplos e difíceis de prever do que usuários móveis
- Atuando em uma área delimitada cada dispositivo de Névoa possui usuários mais definidos
 - Apresenta uma demanda por serviços mais específicos
 - Em [Bastug et al. 2014] é demonstrado que os padrões de busca por informações de usuários móveis são previsíveis

Cache de Dados Névoa

- Explorando suas propriedades da Névoa é possível oferecer serviços em cache inteligentes
 - Prevê o aumento da demanda por certas informações
 - Permitir que um sistema de cache obtenha informações antes que os seus usuários as solicitem
 - Efetuar o armazenamento em cache dos dados mais acessados de forma proativa em sua memória local
 - Distribuir geograficamente os dados entre outros nós de Névoa com base nos locais específicos próximos ou mais distantes na hierarquia e um modelo de mobilidade

Gerenciamento de Dados sobre Saúde

- O paradigma da computação em Nuvem permanece importante nesta área
 - Dispositivos inteligentes vêm ajudando médicos tanto nas decisões quanto no monitoramento da saúde de pacientes
 - questão naturalmente sensível pois os dados sobre a saúde contêm informações privadas
- A computação em Névoa permite que os pacientes compartilhem seus dados de forma privada
 - Esses dados serão armazenados em nós de Névoa pessoais como celulares ou veículos inteligentes
 - O processamento (mas não os dados) será transferido de uma maneira autorizada para o dispositivo do paciente

Segurança em Névoa

- A segurança e integridade dos dados são exigidas pela maioria das aplicações em IoT
 - Quanto mais tempo os dados permanecem em "rota", mais vulneráveis eles se tornam mesmo quando criptografados
 - A computação em Névoa pode oferecer a menor distância possível proporcionando as vantagens da Nuvem
- Os sistemas de Nuvem podem sofrer ataques de negação de serviço (*Denial of Service*, DoS)
 - Não precisam ser realizados sobre os sistemas finais
 - Existem muitas oportunidades para atingir os provedores

Segurança em Névoa

- Sistemas de Computação em Névoa são menos propensos à ataques de negação de serviço
 - Os sistemas de Névoa são altamente distribuídos perto da borda da rede ou próximo dos clientes
 - Para interferir completamente na disponibilidade apenas um ataque sobre todos dispositivos nas proximidades do cliente
- A própria Névoa pode funcionar como mecanismo de segurança
 - A criptografia podem falhar na prevenção de ataques executados (principalmente) de dentro de provedores
 - Em [Stolfo et al. 2012] é proposta solução para a proteção de dados na Nuvem usando tecnologia ofensiva *decoy*

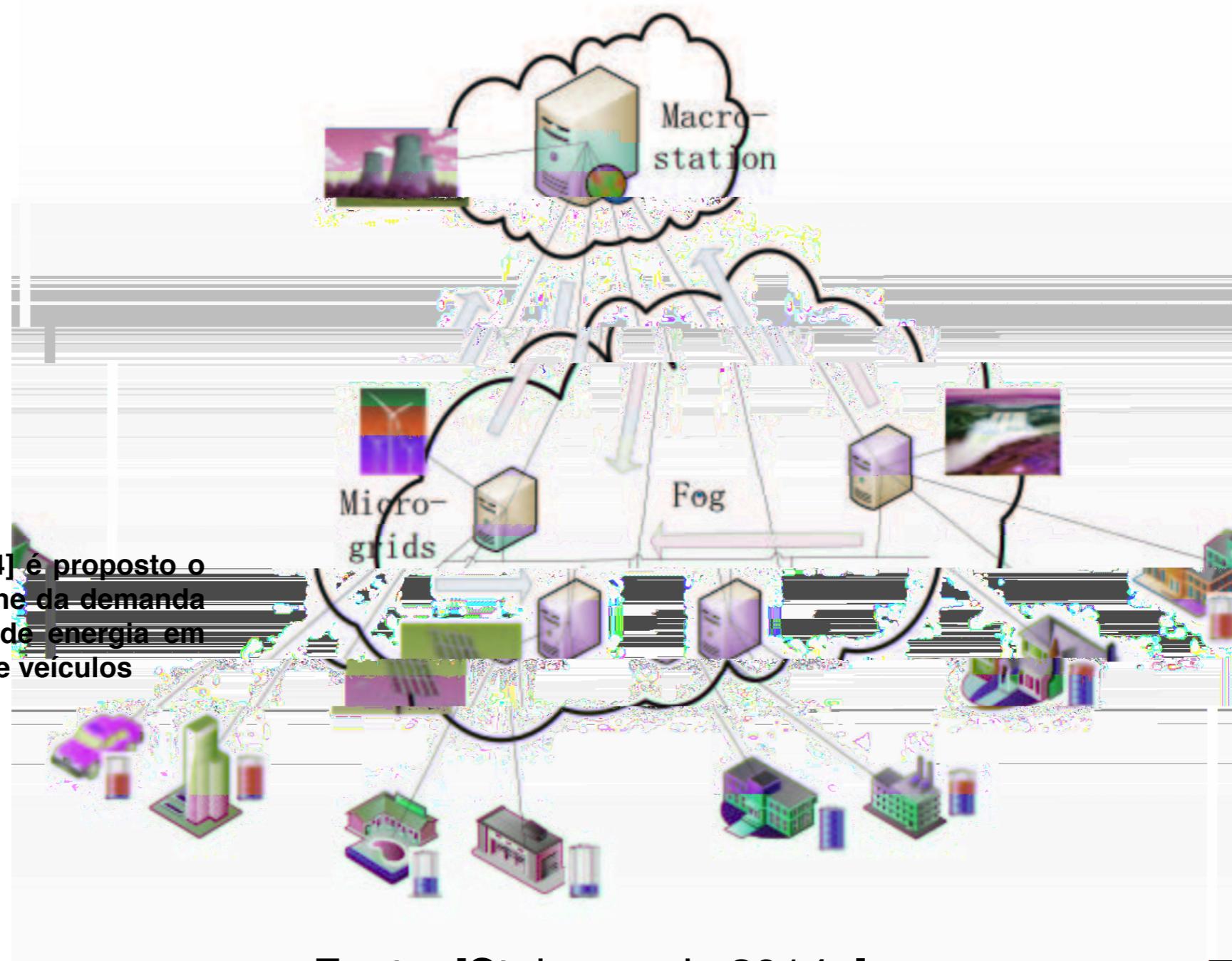
Redes Inteligentes de Energia (Smart Grids)

- Uma das mais avançadas aplicações de campo para Computação em Névoa
 - Diferentes dispositivos como medidores e micro centrais de energia inteligentes são interconectadas em rede de dados
 - Aplicativos voltados ao balanceamento de carga de energia podem ser executados na borda da rede
- Permite monitorar e controlar demanda e consumo dos usuários
 - Alternar automaticamente entre energias alternativas de acordo com a demanda
 - Analisa a disponibilidade dos recursos e o menor preço

Redes Inteligentes de Energia (Smart Grids)

- O gerenciamento de resposta à demanda pode ser implementado de formas diferentes
 - Algoritmos em Nuvem centralizados causam muito custo de largura de banda e gargalos
 - Uma implementação totalmente distribuída requer em cada extremidade processamento e comunicação extensiva
 - Em [Wei et al. 2014] é descrita uma solução intermediária através de uma rede inteligente de energia em Névoa
 - O objetivo é reduzir de forma otimizada as perdas totais na rede elétrica considerando as transferências de energia

Redes Inteligentes de Energia (Smart Grids)



Fonte: [Stojmenovic 2014a]

Redes de Veículos Conectados

- [Bonomi 2011] tem cenário de veículos conectados a semáforos e postes de iluminação inteligentes com câmeras, sensores e pontos de acesso
- Previsto três tipos de comunicação
 - *Vehicle-to-Vehicle* (V2V)
 - *Vehicle-to-Infrastructure* (V2I)
 - Comunicação diretamente entre pontos de acesso

Redes de Veículos Conectados

- Os semáforos são capazes detectar estados externos e interagir com o ambiente
 - Os postes de iluminação interagem localmente com sensores para detectar a presença
 - pode medir a distância e a velocidade dos veículos
- A comunicação de dados em redes veiculares é usualmente realizada de forma descentralizada
 - Em [Daraghmi et al. 2013] métodos de encaminhamento e problemas em disseminação de dados
 - Conectividade intermitente, o grande número de colisões e alta taxa de perda de pacotes

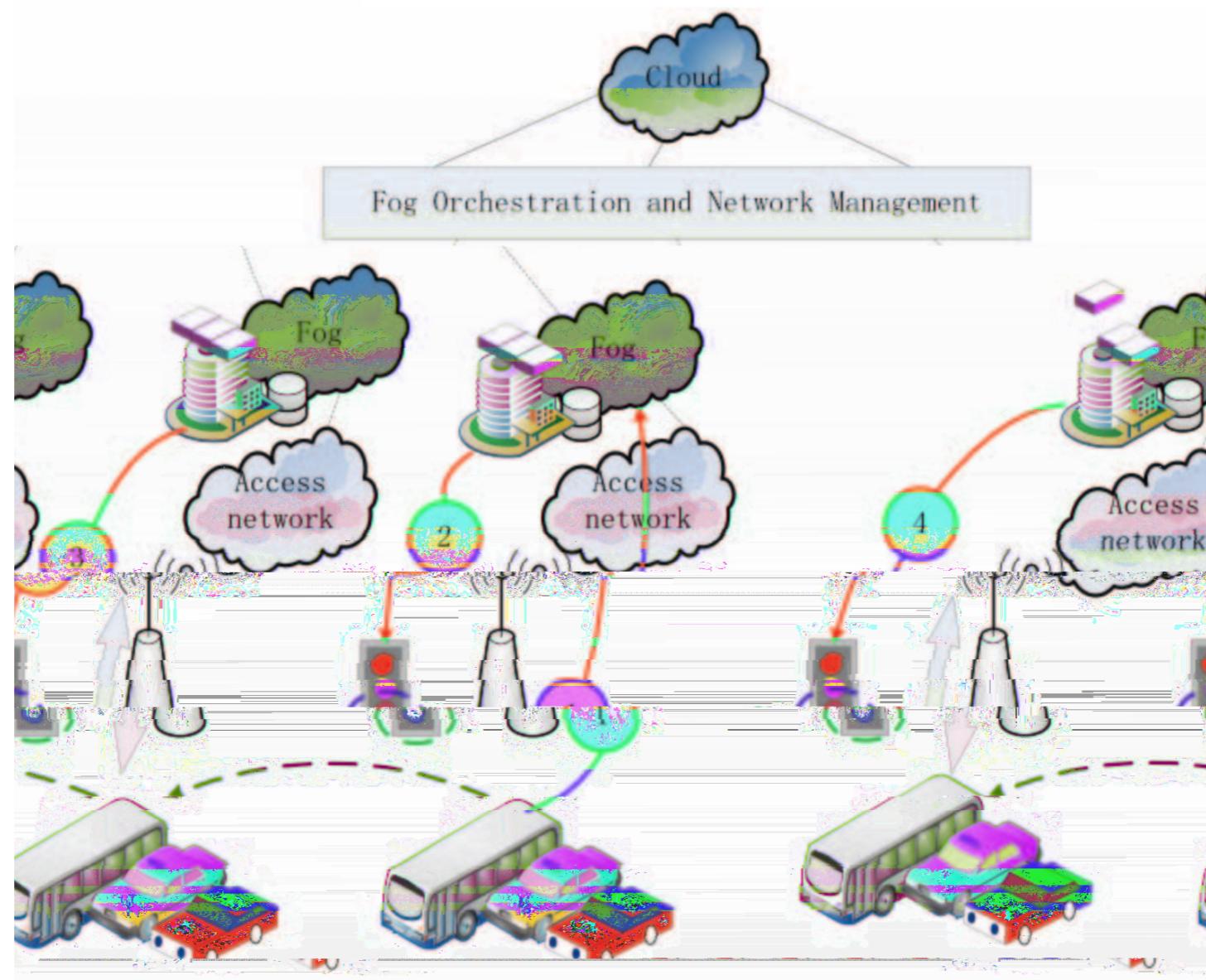
Redes de Veículos Conectados

- O conceito de Névoa pode ser aplicado junto com SDN para tratar problemas fundamentais
 - os semáforos e as unidades inteligentes nas estradas funcionam como dispositivos de Névoa, assumindo a função dos roteadores no plano de dados SDN
 - O plano controle é implementado para monitorar e manter o estado individual dos veículos
 - Otimiza o roteamento multi-hop nas redes V2V e V2I de uma forma logicamente centralizada

Redes de Veículos Conectados

- Em [Zhou et al. 2011] um comando adaptativo de semáforos é empregado para maximizar o tráfego ao longo de pistas
 - Analisando o trajeto dos veículos, é possível diminuir o número de paradas
 - reduzir a emissão de gases do efeito estufa no ambiente
- Em [Li and Shimamoto 2012] é proposta uma arquitetura em três camadas para calcular em tempo real a velocidade recomendada de veículos a partir da coleta de dados sobre o tráfego

Redes de Veículos Conectados



Fonte: [Stojmenovic 2014a]

Casas, Edifícios e Cidades Inteligentes

- A aplicação da Internet das Coisas e Computação em Nuvem no desenvolvimento do conceito de Casas Inteligentes vem aumentado
 - Sua adaptação ao cotidiano das casas é apenas o primeiro passo rumo a uma grande disseminação dessas tecnologias em outros ambientes ou cenários
 - Em [Nandyala and Kim 2016] é proposta uma arquitetura para o monitoramento de saúde usando as motivações e as vantagens da Névoa em casas inteligentes e hospitais

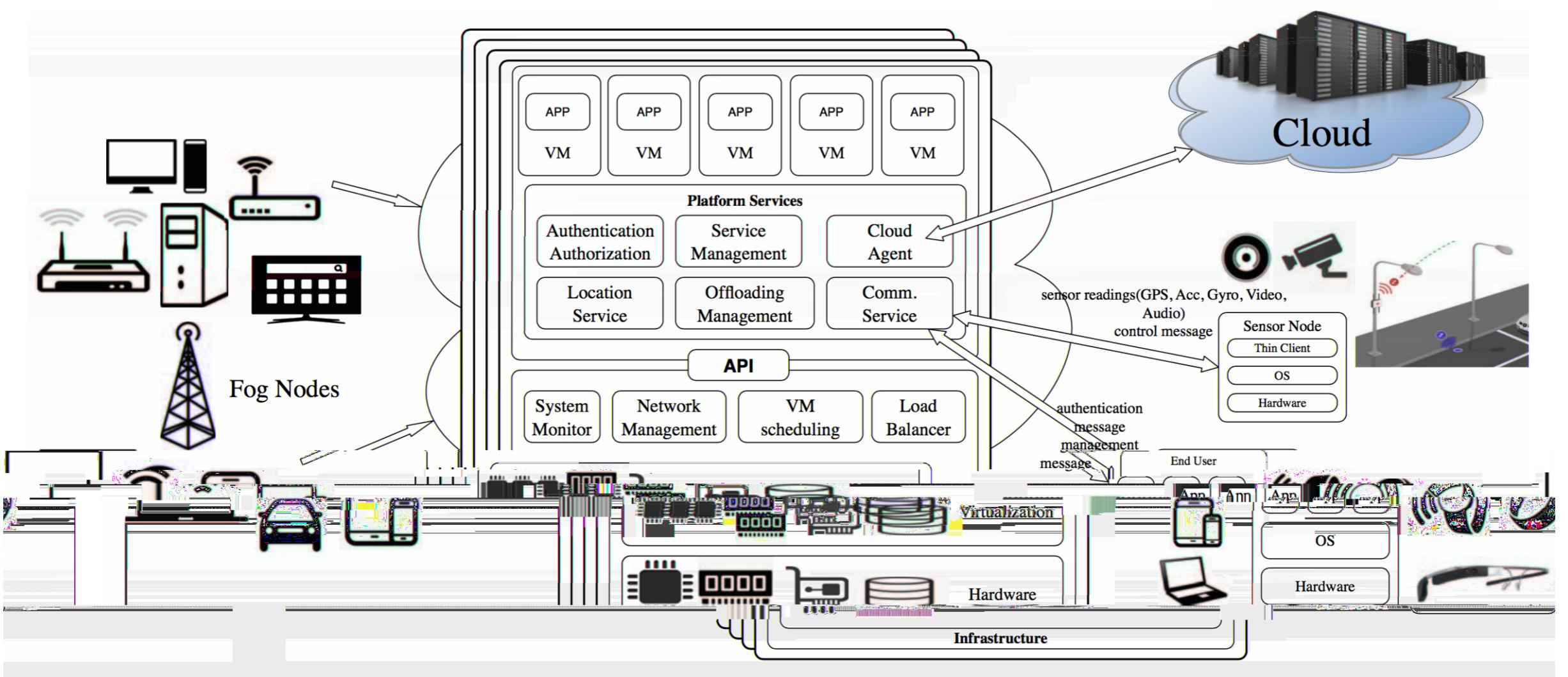
Casas, Edifícios e Cidades Inteligentes

- Uma vez aprimoradas, estas tecnologias podem ser estendidas para ambientes mais amplos e complexos
 - Em [Stojmenovic 2014a] o controle descentralizado de Edifícios Inteligentes é facilitado por sensores sem fio
 - A implantação de forma ubíqua de vários tipos de sensores em cenários futuristas e mais abrangentes vai exigir uma complexa arquitetura em Névoa
 - [Tang et al. 2015] propõe uma arquitetura em Névoa em larga escala como forma de garantir a segurança de grandes comunidades

Agenda

1. Fundamentos sobre a Computação em Névoa
2. Aplicações em Computação em Névoa
- 3. Plataformas para Computação em Névoa**
4. Desafios para Computação em Névoa

Componentes da Plataforma em Névoa

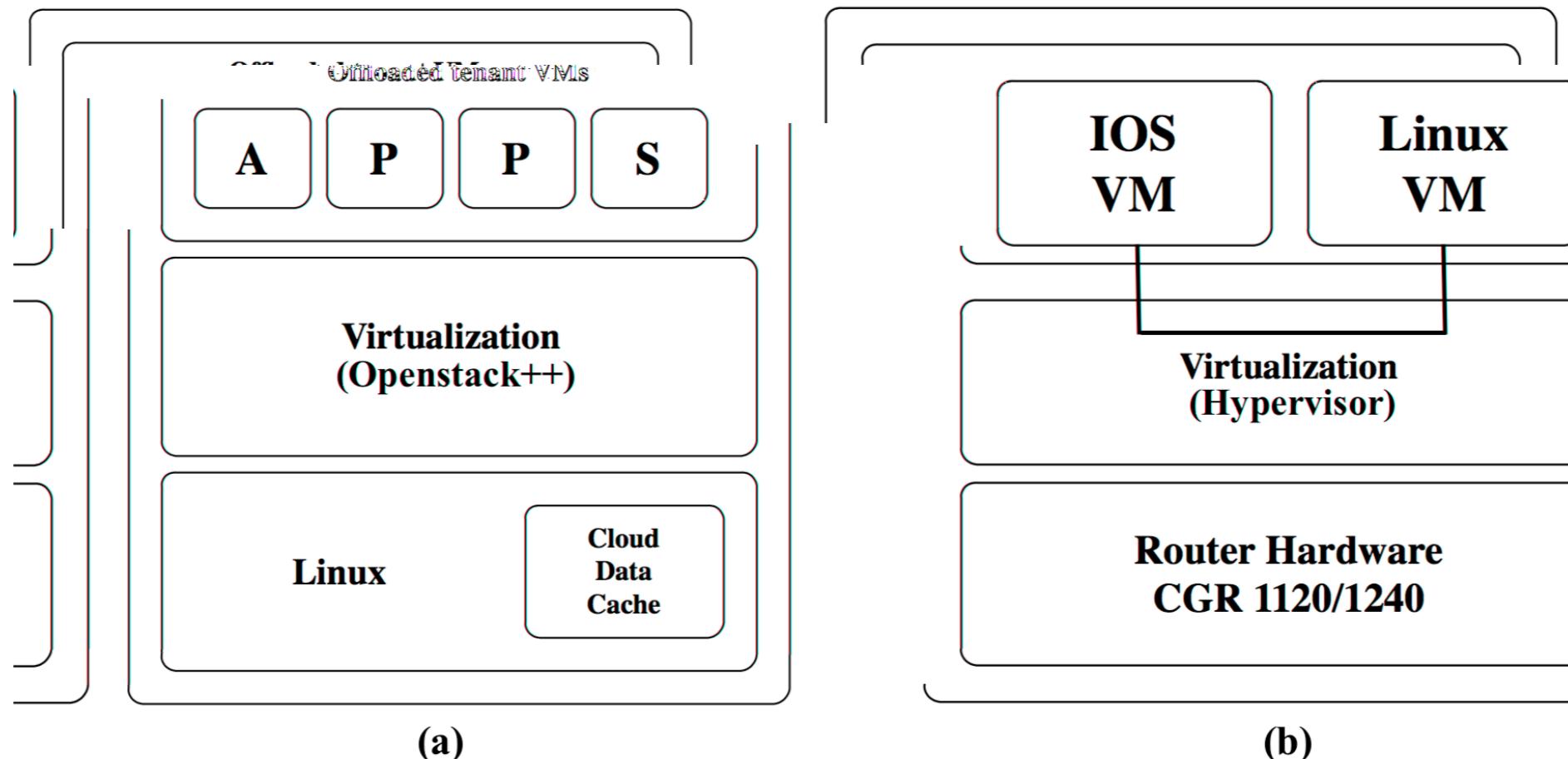


Fonte: [Yi et al. 2015a]

Funções de Gerenciamento em Névoa

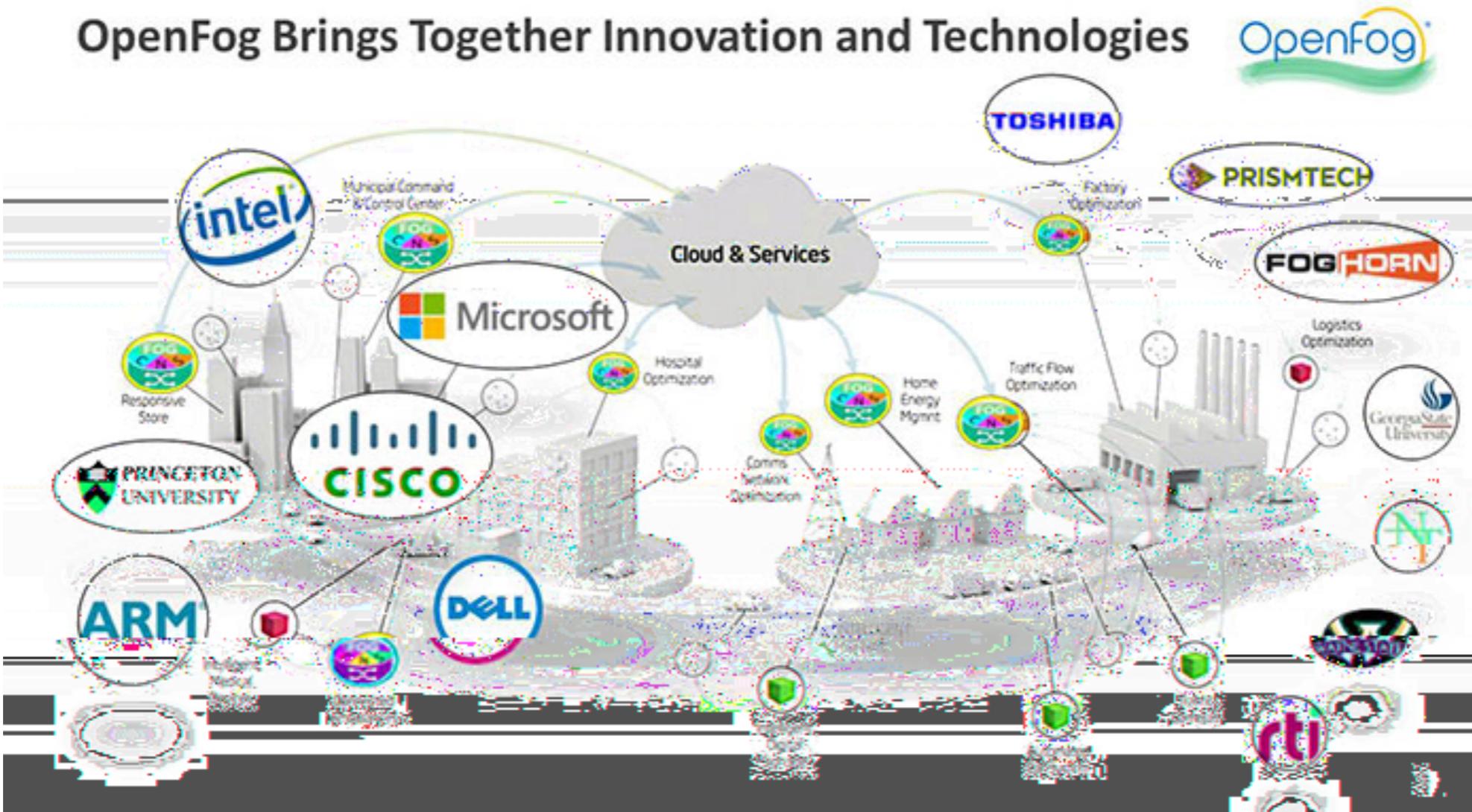
- Bilhões de dispositivos heterogêneos executando diferentes serviços é uma tarefa desafiadora
 - Técnicas Definidas por Software (*network softwarization*)
 - Técnicas Declarativas e Assintóticas (*Cisco OpenFlex*)
 - Nós de Névoa
 - Abordagens baseadas em Redes *Peer-to-Peer* (P2P) e de Sensores (*BitTorrent*, CDN, etc.)

Plataformas para Computação em Névoa



Fonte: [Yi et al. 2015a]

Plataforma OpenFog



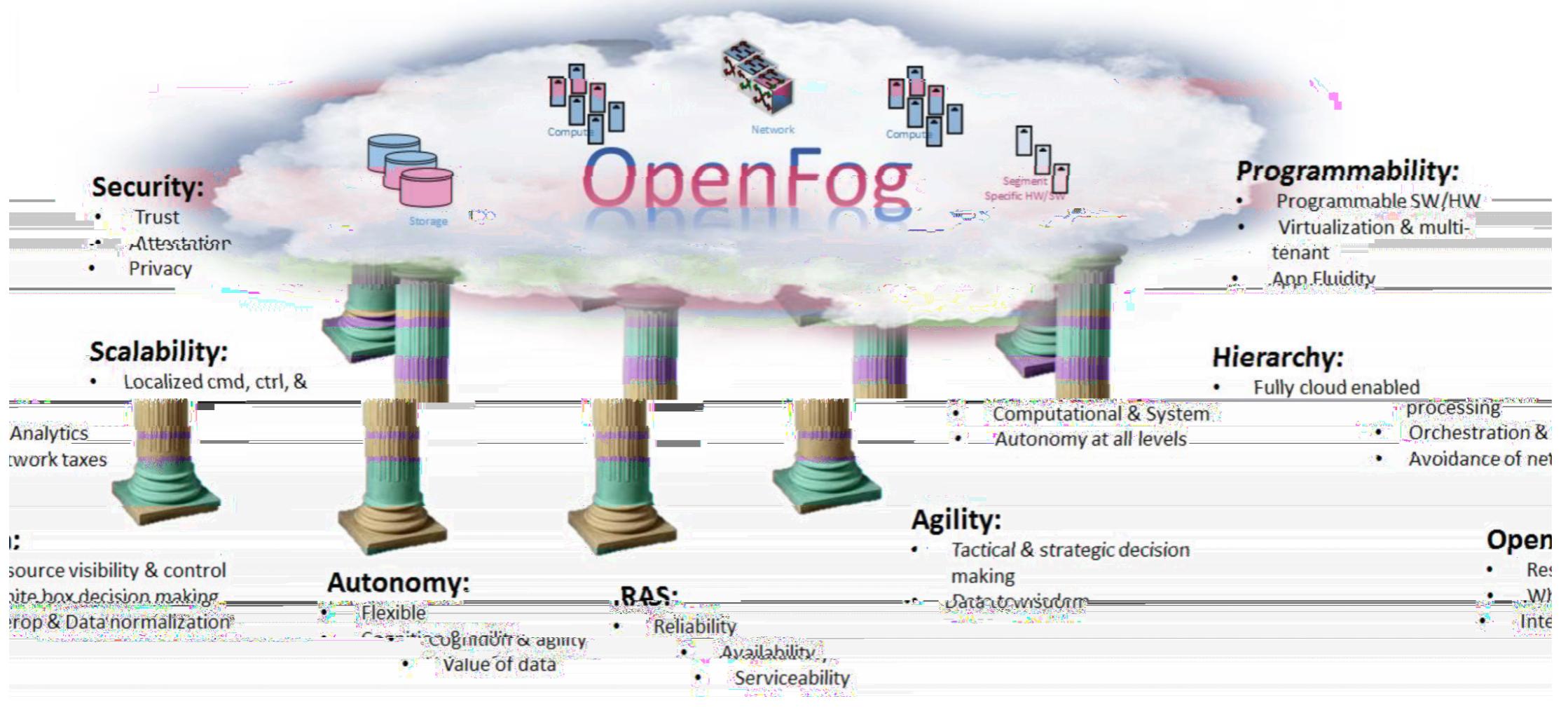
Fonte: [OpenFog 2016]

Infraestrutura OpenFog



Fonte: [OpenFog 2016]

Pilares da Plataforma OpenFog



Fonte: [OpenFog 2016]

Agenda

- 1. Fundamentos sobre a Computação em Névoa**
- 2. Aplicações em Computação em Névoa**
- 3. Plataformas para Computação em Névoa**
- 4. Desafios para Computação em Névoa**

Desafios para Computação em Névoa

- Modelos de programação
- Comunicação
- Gerenciamento de Recursos
- Modelo de Negócio
- Segurança, Integridade e Privacidade
- Qualidade de Serviço
- Consumo de Energia
- Padronização

Modelos de Programação

- A computação *offloading* tem sido uma área de pesquisa ativa no domínio da computação móvel
 - Dispositivos móveis que possuem restrições de recursos podem se beneficiar deste paradigma no desempenho de suas aplicações, com economia de armazenamento e tempo de bateria [Yi et al. 2015b]
 - A carga de trabalho é transferida para a Nuvem
 - Nem sempre é possível ou razoável de realizá-la devido às limitações e restrições que podem ser impostas [Dastjerdi et al. 2016]

Modelos de Programação

- [Orsini et al. 2015] propõem um framework adaptativo para Computação em Névoa chamado CloudAware
 - Destina tarefas de processamento tanto para a Nuvem quanto para a Névoa
 - Objetivo do CloudAware:
 - Dar suporte às interações ad-hoc com baixa latência
 - Facilitar o desenvolvimento de aplicações móveis e escaláveis
 - Contribuir para acelerar a computação com economia de energia e de largura de banda em diversos cenários de mobilidade dos usuários

Modelos de Programação

- O principal desafio de *offloading* na Computação em Névoa é como tratar com a dinamicidade do sistema
 - O acesso às redes wireless/radio, os nós e aos recursos de Névoa são altamente dinâmicos
- A computação *offloading* nesta infraestrutura está diante de novos desafios e oportunidades, tais como:
 - Definir a granularidade das tarefas a serem processadas, em diferentes hierarquias da Computação em Névoa e Nuvem
 - Particionar a aplicação dinamicamente para processamento das tarefas em Névoa e em Nuvem
 - Adaptar o processamento das tarefas diante das mudanças causadas pela dinamicidade do sistema (rede, dispositivos e recursos, etc.)

Modelos de Programação

- Modelos de interfaceamento e programação
 - Necessário unificá-los para facilitar aos desenvolvedores a portabilidade de suas aplicações para Computação em Névoa
- Isto se dá pelas seguintes razões:
 - O modelo de computação centrado na aplicação permitirá otimizações para diferentes tipos de aplicação
 - É difícil para os desenvolvedores orquestrar recursos dinâmicos, hierárquicos e heterogêneos para construir aplicações compatíveis em diversas plataformas [Yi et al. 2015c]

Modelos de Programação

- [Hong et al. 2013a] apresenta uma API denominada Mobile Fog que visa:
 - O desenvolvimento de aplicações futurísticas que pretende potencializar a larga escala, a distribuição geográfica e a garantia de baixa latência fornecida por uma infraestrutura em Névoa
- A aplicação construída baseada na API Mobile Fog possui diversos componentes
 - Cada um rodando em diferentes níveis na hierarquia dos dispositivos
- No entanto, ainda é necessário modelos mais gerais para diversas redes onde os nós de Névoa são nós móveis dinâmicos [Yi et al. 2015c]

Comunicação

- O funcionamento adequado das aplicações é essencial para a sobrevivência dos sistemas
 - Principalmente, as que possuem sensibilidades a atrasos e requerem respostas em tempo real
 - Servidor da Névoa
 - É um componente intermediário da rede que se conecta com os usuários móveis, outros servidores de Névoa e a Nuvem
 - Pode monitorar o comportamento da rede e adaptar as aplicações de acordo com o ambiente [Luan et al. 2016]

Comunicação

- As pesquisas em comunicação devem levar em consideração como os componentes do sistema interagem [Suryawanshi and Mandlik 2015] e [Luan et al. 2016]
 - Dispositivos móveis e a Névoa
 - A Névoa e a Nuvem
 - Entre as Névoas

Comunicação

- Entre os dispositivos móveis e a Névoa
 - Ocorre diretamente através de conexões sem fio (WiFi, celular ou bluetooth) [Luan et al. 2016]
 - Servidores de Névoa possuem armazenamento limitado e entrega restrita de serviços localizados
 - Necessário prever os padrões de requisição de serviços dos usuários, a capacidade de armazenamento e o poder de computação da Névoa
 - Determinar os serviços de aplicação que ocasionam as menores taxas de faltas para os usuários móveis
 - Selecionar os conteúdos para cache em cada servidor

Comunicação

- Entre a Névoa e a Nuvem
 - Se dá através de conexões sem fio e cabeada
 - A Nuvem gerencia as aplicações e conteúdos para todo o sistema
 - Os servidores de Névoa entregam informações, a partir de sua cache, para os usuários móveis em localizações específicas.
 - É necessário tratar a *confiabilidade* e o *controle escalável* dos servidores de Névoa na Nuvem
 - Desenvolver esquemas de roteamento de dados escaláveis
 - A entrega e atualização dos dados da Nuvem para a Névoa pode ser realizada através de SDN

Comunicação

- Entre as Névoas
 - Pode ser estabelecida através de conexões sem fio e cabeada
 - Servidores de Névoa próximos, podem pertencer a diferentes proprietários e oferecer serviços para os mesmos usuários
 - Precisam colaborar para entrega de um serviço comum
 - A colaboração eficiente entre estes servidores pode:
 - Aliviar o tráfego entre a Nuvem e a Névoa
 - Melhorar o desempenho do sistema com economia de largura de banda e melhoria da taxa de dados
 - O roteamento pode ser realizado por dois modos:
 - Centralizado, uso de SDN
 - Distribuído, mecanismos tradicionais de roteamento

Comunicação

- Entre as Névoas
 - A transmissão de dados entre os servidores de Névoa é desafiante pelas seguintes questões:
 - Heterogeneidade da política de serviço
 - Diferentes localizações, empregados por diversas entidades para usos comerciais distintos
 - Topologia, servidores localizados em uma mesma região
 - Podem se conectar à Internet através do mesmo Provedor de Serviços (altas taxas de conexão e baixo custo)
 - Permite a colaboração eficiente entre os servidores próximos
 - Conexões, o roteamento dos dados precisam considerar as características destas conexões

Gerenciamento de Recursos

- Geralmente, a Névoa é composta de dispositivos de diferentes tipos
 - Os dispositivos possuem capacidade de rede, poder de armazenamento e computação
 - Ainda não correspondem à capacidade de recursos dos tradicionais servidores, como na Computação em Nuvem
 - Um gerenciamento de recurso eficiente é essencial para os ambientes de Computação em Névoa

Gerenciamento de Recursos

- Servidores da Névoa
 - Implantados em diferentes localizações
 - O operador da rede precisa adaptar seus serviços para implantação adequada de servidores
 - Customização das aplicações instaladas em cada servidor
 - Baseada na demanda local
 - Escaláveis
 - Deve-se antecipar a demanda de cada um dos servidores para empregar os recursos de forma adequada
 - Colaboração entre um grupo de servidores de Névoa
 - Permitirá o fornecimento de serviço aos usuários móveis próximos

Gerenciamento de Recursos

- [Aazam and Huh 2015] apresenta um modelo de gerenciamento de recursos orientado a serviços
 - Prevê o uso dos recursos e os pré-aloca baseado no comportamento do usuário e a probabilidade de usá-los no futuro
 - A predição permite maior justiça e eficiência quando os recursos são consumidos

Gerenciamento de Recursos

- Em [Lewis et al. 2014] é proposto um mecanismo de provisionamento de recursos para *cloudlets* táticas
 - As aplicações são particionadas para executar de modo leve nos clientes, que rodam nos dispositivos móveis
 - A computação intensiva é realizada nos servidores
 - Estratégia para fornecer infraestrutura para suportar computação *offloading* e plataforma de dados em dispositivos na borda da rede

Gerenciamento de Recursos

- O gerenciamento de rede em Névoa é essencial para o oferecimento dos serviços de modo eficiente
- [Yi et al. 2015b] sugere o uso de tecnologias que estão emergindo, como SDN e NFV
 - São tecnologias propostas para criar ambientes de rede mais flexíveis e de fácil manutenção
 - O emprego de SDN e NFV na Computação em Névoa pode:
 - Facilitar a implementação e o gerenciamento
 - Aumentar a escalabilidade da rede e reduzir custos
 - Por exemplo, alocação de recursos, migração de VM, monitoramento de tráfego, controle de aplicações clientes de contexto e interfaces programáveis

Modelo de Negócio

- Computação na Névoa precisa de um modelo de negócio sustentável para manter-se funcionando de maneira adequada
- [Yi et al. 2015b] estabelece que os fornecedores de recursos da Névoa podem ser:
 - Fornecedores de serviços Internet ou suporte wireless, que podem construir a Névoa em suas infraestruturas
 - Fornecedores de serviço da Nuvem, que desejam expandir seu serviço centralizado da Nuvem para a borda da rede
 - Usuários fim, que desejam negociar sua computação extra para reduzir os seus custos
 - Armazenamento de sua Nuvem privada local

Modelo de Negócio

- O modelo de negócio ainda não foi estabelecido
 - Para isso, é necessário resolver algumas questões:
 - Faturamento, como se dará o preço dos diferentes recursos
 - Qual será a fração de valor paga aos diferentes proprietários da Névoa
 - É necessário a contabilidade e o monitoramento da Névoa em diferentes granularidades
 - Como ocorre no uso de serviços tradicionais

Modelo de Negócio

- Modelo baseado em incentivos aos usuários
 - Um modelo de negócio interessante para acelerar o uso da Computação em Névoa
 - Proprietários de Nuvens privadas locais, localizadas na borda da rede, podem fornecer seus serviços para a Névoa
 - Com capacidade de computação e armazenamento
 - O fornecedor de serviço para Névoa pode arrendar o seu poder de computação e armazenamento ocioso e receber pagamento para reduzir os seus próprios custos [Yi et al. 2015b]

Segurança, Integridade e Privacidade

- Alguns problemas na Computação em Nuvem são estendidos para Névoa
- Além de acrescentar outros aspectos de segurança da Computação em Névoa [Dastjerdi et al. 2016]:
 - A natureza descentralizada
 - Localização
 - Instalados em locais sem o devido rigor de vigilância

Segurança, Integridade e Privacidade

- Problemas com segurança podem comprometer a disponibilidade do sistema
- Ataques empregados por usuários maliciosos [Stojmenovic et al. 2015]:
 - Podem comprometer os dispositivos da Névoa
 - Os usuários podem se conectar a dispositivos falsos que fornecem serviços enganosos como legítimos
 - Espionagem de dados
 - Sequestro de dados

Segurança, Integridade e Privacidade

- Podemos analisar as questões de segurança através dos seguintes aspectos:
 - Detecção de intrusos
 - Modelo de Confiança
 - Autenticação
 - Controle de Acesso

Segurança, Integridade e Privacidade

- Detecção de intrusos
 - Considerando a Névoa como uma pequena Nuvem:
 - Encriptação, usada para proteção de dados, tem falhado em prevenir ataques de roubos de dados [Stolfo et al. 2012]
 - Principalmente, quando executados internamente no provedor de serviço da Nuvem
 - Técnicas de detecção de intrusos podem ser aplicadas:
 - Método Baseado em assinatura
 - Método Baseado em anomalias

Segurança, Integridade e Privacidade

- Detecção de intrusos
 - Método baseado em assinatura
 - Os padrões de comportamento do usuário são observados e checados com um banco de dados existente de possíveis maus comportamentos
 - Método baseado em anomalias
 - O comportamento observado é comparado com o comportamento esperado para verificar se há desvios

Segurança, Integridade e Privacidade

- Detecção de intrusos
 - [Stolfo et al. 2012] propõe uma solução baseada na análise do perfil de comportamento do usuário e no uso ofensivo da tecnologia *decoy*
 - Dados são monitorados continuamente para detectar padrões de acesso anormais
 - Quando um acesso é suspeito:
 - O ambiente de Névoa é utilizado para disparar armadilhas
 - Arquivos *decoy*, um ataque de desinformação com grandes quantidades de dados para o atacante

Segurança, Integridade e Privacidade

- Detecção de intrusos
 - Ataques homem do meio na Computação em Névoa pode não ser identificado [Stojmenovic et al. 2015]
 - É difícil de evitar e defender, tendo potencial para se tornar um típico ataque na Computação em Névoa

Segurança, Integridade e Privacidade

- Modelo de Confiança
 - Dependendo do modelo de negócio implementado, a Névoa pode ter *diferentes provedores*
 - A flexibilidade existente compromete a confiança da Névoa
 - Um nó da Névoa agindo como trapaceiro pode:
 - Influenciar outros nós a se conectarem a ele
 - Manipular as requisições dos usuários fins ou da Nuvem
 - Coletar ou até mesmo adulterar os dados para lançar novos ataques

Segurança, Integridade e Privacidade

- Modelos de Confiança
 - Sistemas de Reputação tem sido amplamente empregados em P2P, comércio eletrônico e redes sociais
 - [Yi et al. 2015c] considera que o projeto de um sistema de reputação para Computação em Névoa deve tratar:
 - Como alcançar identidades persistentes, únicas e distintas
 - Como tratar ataques intencionais e acidentais
 - Como punir e resgatar a reputação dos nós.

Segurança, Integridade e Privacidade

- Modelos de Confiança
 - A Computação em Névoa terá dificuldades para tratar de nós trapaceiros
 - Diferentes esquemas de gerenciamento de confiança
 - Dinamicidade do sistema, que torna difícil a manutenção de uma lista com os nós desonestos
 - A existência de nós trapaceiros será uma grande ameaça para a segurança e privacidade dos dados

Segurança, Integridade e Privacidade

- Autenticação
 - Autenticação nos vários níveis dos nós
 - É considerada o principal desafio da segurança na Computação em Névoa [Stojmenovic and Wen 2014]
 - O uso de Infraestrutura de Chave Pública pode solucionar este problema [Chen et al. 2014]
 - As autenticações baseadas nas tradicionais PKI não são eficientes e não são escaláveis [Yi et al. 2015c]

Segurança, Integridade e Privacidade

- Autenticação
 - [Stojmenovic et al. 2015] propõem um tipo de autenticação chamada Stand-Alone Authentication
 - Baseada em uma encriptação híbrida
 - Uso do Padrão de Criptografia Avançado (AES - Advanced Encryption Standard) e de smart card
 - Capaz de autenticar o usuário mesmo quando não há conexão com o servidor da Nuvem
 - O direito de autenticação é delegado pelo Servidor de Autenticação para um dispositivo de Névoa

Segurança, Integridade e Privacidade

- Autenticação
 - Possíveis soluções para autenticação em ambientes de Computação em Névoa:
 - Técnicas de execução em ambiente confiáveis [Marforio et al. 2014]
 - Métodos baseado em cálculo de influência [Han et al. 2011] [Behrisch et al. 2011]
 - Podem ser usados para detectar nós de Névoa trapaceiros ou desqualificados e, assim, reduzir o custo com a autenticação
 - Tecnologias emergentes de autenticação baseadas em biometria para dispositivos móveis e Nuvem irão beneficiar a Computação em Névoa [Yi et al. 2015c]

Segurança, Integridade e Privacidade

- Controle de Acesso
 - Tem sido uma ferramenta confiável para garantir a segurança em sistemas que envolvem dispositivos inteligentes e Nuvem [Yi et al. 2015b]
 - [Yu et al. 2010] apresenta um controle de acesso de dados baseado em fina granularidade
 - Através da exploração de técnicas de encriptação baseadas em atributos (Attribute-Based Encryption, ABE)
 - [Dsouza et al. 2014] propõem um controle de acesso baseado em políticas para Computação em Névoa.

Segurança, Integridade e Privacidade

- Integridade
 - Diversas aplicações na Internet demandam por segurança e integridade [Zao et al. 2014]
 - Dados em rota por mais tempo, se tornam mais vulneráveis aos ataques, mesmo quando encriptados
 - Sempre é desejável ter poucos passos entre os clientes e os servidores
 - Computação em Névoa fornece a menor distância possível agregando outras vantagens da Nuvem [Firdhous et al. 2014]

Segurança, Integridade e Privacidade

- Privacidade
 - Em geral, os usuários da Internet estão preocupados com o risco da falta de privacidade
 - A preocupação dos usuários da Computação em Névoa não é diferente
 - Dados dos usuários podem ser processados em *hardwares* e *softwares* de outros proprietários
 - Introduz preocupações sobre a privacidade dos dados e sua visibilidade por partes não autorizadas
 - É necessário investigar técnicas e mecanismos para assegurar a confiança entre as partes que estão cooperando

Segurança, Integridade e Privacidade

- Privacidade
 - Os algoritmos utilizados para preservar a privacidade podem ser executados entre a Névoa e a Nuvem
 - Desde que os recursos de computação e armazenamento sejam suficientes para ambos
 - O que nem sempre é possível nos dispositivos fins
 - A encriptação homomórfica pode ser usada para permitir privacidade durante a agregação dos dados nos *gateways* locais sem decriptação [Yi et al. 2015b]

Qualidade de Serviço

- Métrica importante para provimento de serviços através da Névoa
- [Yi et al. 2015b] analisa a qualidade de serviço da Computação em Névoa sob os aspectos:
 - Conectividade
 - Confiabilidade
 - Capacidade
 - Atraso

Qualidade de Serviço

- Conectividade
 - O ambiente de Névoa possui a capacidade de expandir a conectividade da rede
 - Retransmissão na rede, particionamento e agrupamento fornece novas oportunidades para reduzir custos
 - Seleção de nós com os quais os usuários irão interagir terá um grande impacto no sistema
 - Por exemplo, pode-se selecionar dinamicamente um grupo de nós da Névoa como nós retransmitidores para uma determinada área ou usuário

Qualidade de Serviço

- Confiabilidade
 - Uma das primeiras preocupações ao projetarmos sistemas de Computação em Névoa
 - Para ter uma Névoa confiável devemos levar em consideração as falhas que podem ocorrer:
 - os dispositivos podem falhar individualmente
 - falhas na rede e falta de cobertura em algumas regiões
 - falhas na plataforma de serviço
 - falhas na interface do usuário conectado ao sistema

Qualidade de Serviço

- Confiabilidade
 - Normalmente, pode ser melhorada através de:
 - check-pointing periódicos para recuperação após as falhas
 - reescalonamento das tarefas falhas
 - replicação para explorar as execuções em paralelo
 - Problema com a dinamicidade da Computação em Névoa
 - Impossibilidade da recuperação e o reescalonamento
 - Introduziria latência e não se adaptaria às mudanças
 - Replicação nos nós da Névoa: melhora o desempenho do sistema

Qualidade de Serviço

- Capacidade
 - Largura de banda
 - Armazenamento
- Como alcançar altas taxas de largura de banda e armazenamento?
 - Deve-se analisar como os dados são distribuídos nos nós de Névoa, considerando a sua localização

Qualidade de Serviço

- Capacidade de Largura de banda e Armazenamento
 - Estão diante de novos desafios que se inicia no projeto:
 - Interação entre a Névoa e a Nuvem
 - Como acomodar diferentes cargas de trabalho
 - Busca de conteúdo disperso nos nós da Névoa
 - Dinâmica da localização dos dados
 - Capacidade total de volume
 - Solução: uso de cache nos nós de Névoa
 - Explorar localidade temporal e ampla cobertura no ambiente de Névoa

Qualidade de Serviço

- Atraso
 - Aplicações sensíveis à latência
 - Necessitam da Névoa para fornecer processamento de *streaming* em tempo real
 - [Hong et al. 2013b] propõe um sistema de processamento de evento baseado em predição
 - O sistema prediz futuras requisições em uma região para usuários em movimento
 - Antecipam o processamento para tornar as informações disponíveis quando os usuários alcançarem a localização

Qualidade de Serviço

- Atraso
 - [Ottenwälter et al. 2014] apresenta o sistema RECEP
 - Objetivo: aumentar a escalabilidade dos sistemas móveis que exigem *processamento de eventos complexos* e a *agregação de dados* de sistemas distribuídos em *tempo real*
 - Explora a sobreposição de interesses dos usuários móveis
 - Através de métodos que utilizam o processamento de maneira eficiente para reduzir a requisição de recursos

Consumo de Energia

- Computação em Névoa: pode ser menos eficiente em energia do que os ambientes centralizados em Nuvem
 - Natureza dos ambientes em Névoa
 - Desafio: redução do consumo de energia

Padronização

- Como os membros da rede vão interagir e cooperar?
- Como os membros da rede vão anunciar a sua disponibilidade para execução de serviços?
- Para isso, torna-se necessário:
 - Desenvolvimento de padrões de protocolos, arquiteturas e APIs para facilitar a interconexão entre objetos inteligentes heterogêneos
 - Criação de serviços aprimorados que possam satisfazer as necessidades dos usuários

Considerações Finais