

Gerenciamento de Recursos em IoT: Desafios e Oportunidades

Flávia C. Delicato

DCC/IM/PESC, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

Agenda



- Introdução a Internet das Coisas (IoT)
- Elementos e Componentes da IoT
- Desafios no **Gerenciamento de Recursos em IoT**
- Considerações finais

Introdução

- Objetos físicos estão ficando cada vez mais inteligentes e conectados à Internet e entre si



Dando origem ao paradigma recente conhecido como **Internet das Coisas (IoT)**

Mas o que é a IoT?

Internet of Things

Internet das Coisas (IoT)

- A expressão Internet das Coisas (do inglês *Internet of Things* - IoT) foi cunhada em 1999 por **Kevin Ashton**, cofundador do **Auto-ID Center** no MIT (EUA)
 - consórcio para a pesquisa na área de **RFID**, com inúmeros patrocinadores da indústria
 - Hoje denominado **Auto-ID Labs**, ainda em intensa atividade
 - temas indo para além da pesquisa centrada em RFID
 - englobando **redes de sensores sem fio e tecnologias de sensoriamento emergentes**



Kevin Ashton



RFID

- **Identificação por radiofrequência** (*Radio-frequency identification*): uso de campos eletromagnéticos para identificar e rastrear automaticamente **etiquetas** anexadas a objetos
 - **contêm informações** armazenadas eletronicamente.
- Ao contrário de um código de barras, a etiqueta não precisa estar dentro da linha de visada do leitor, portanto, ela pode estar incorporada no objeto rastreado
- **Tecnologia útil para um numero enorme de aplicações da indústria**
- Criou o potencial de instrumentar todo tipo de objeto físico e eventualmente conectar esses objetos em redes
 - Criou preocupações quanto ao uso de informações pessoais

Internet das Coisas (IoT)

Na visão da IoT, objetos físicos (**coisas**)

- são dotados de **sensores e atuadores** capazes de capturar variáveis ambientais e reagir a diversos estímulos externos
- podem ser **endereçáveis, controlados e monitorados através da Internet**
- podem se comunicar com outros **recursos físicos e/ou virtuais**
- fornecem **dados** valiosos como entrada para aplicações e/ou sistemas de análise de dados

Internet das Coisas (IoT)

A ampla disseminação da IoT possui o potencial de produzir impacto considerável na vida das pessoas em diversos domínios de aplicação



idades inteligentes



meio ambiente



energia



logística



indústria



Casas inteligentes



Transporte inteligente



Saúde (eHealth)

Principais Elementos da IoT



Essencial identificar objetos de forma única
Electronic product codes (EPC), ubiquitous codes, etc.

Sensores/atuadores: coletam variáveis ambientais e as transmitem/manipulam o ambiente ou reagem de acordo com dados

Diversas tecnologias usadas para conectar objetos inteligentes (WiFi, BLE, Zigbee)

Principais Elementos da IoT



Unidades de processamento + Sistemas Operacionais (embarcados) e operações de processamento de dados (baixo nível)

Serviços de alto nível, como descoberta de recursos, fusão de informações e outros específicos de aplicação

Principais Elementos da IoT



Diz respeito a extração de conhecimento dos dados (processos de inferência, data mining, data analytics, etc)

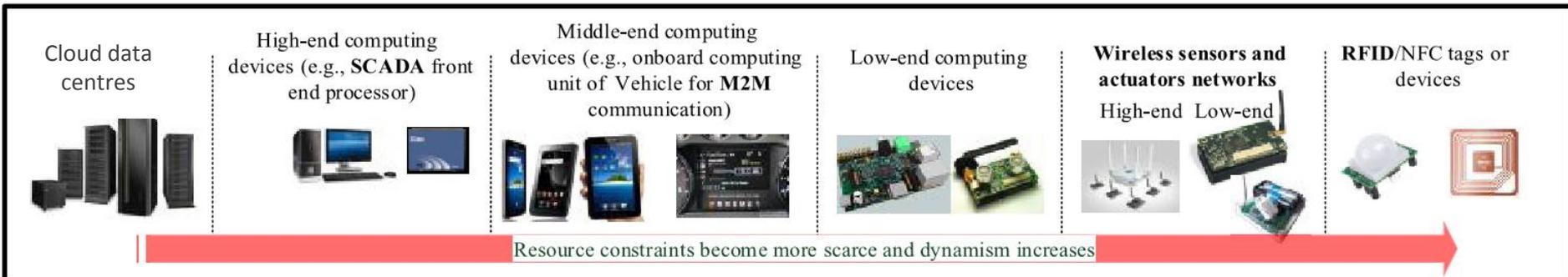
Tipos de Dispositivos IoT*

- A Internet das Coisas é vista como uma rede de dispositivos de comunicação, os quais possuem quatro graus de sofisticação:
 - **Dispositivos puramente passivos** (RFID) que produzem saída de dados fixa quando consultado;
 - Dispositivos de **sensoriamento** capazes de gerar e comunicar informações sobre o ambiente ou de status quando consultado;
 - Dispositivos com **poder de processamento moderado** para formatar mensagens transportadas, com a capacidade de variar o conteúdo em relação ao tempo e lugar;
 - Dispositivos com capacidade de **processamento não restrita** usados para intermediar decisões de comunicação entre dispositivos sem intervenção humana

* European Commission (2007) From RFID to the Internet of Things – Pervasive networked systems

Heterogeneidade dos dispositivos

- Exemplos de tipos de dispositivos em IoT



► Computação na nuvem:

- Solução promissora de *backend* para aplicações IoT
- prover capacidades de **armazenamento** de dados,
- realizar **complexo processamento de dados** (data analytics)

Ecossistemas IoT

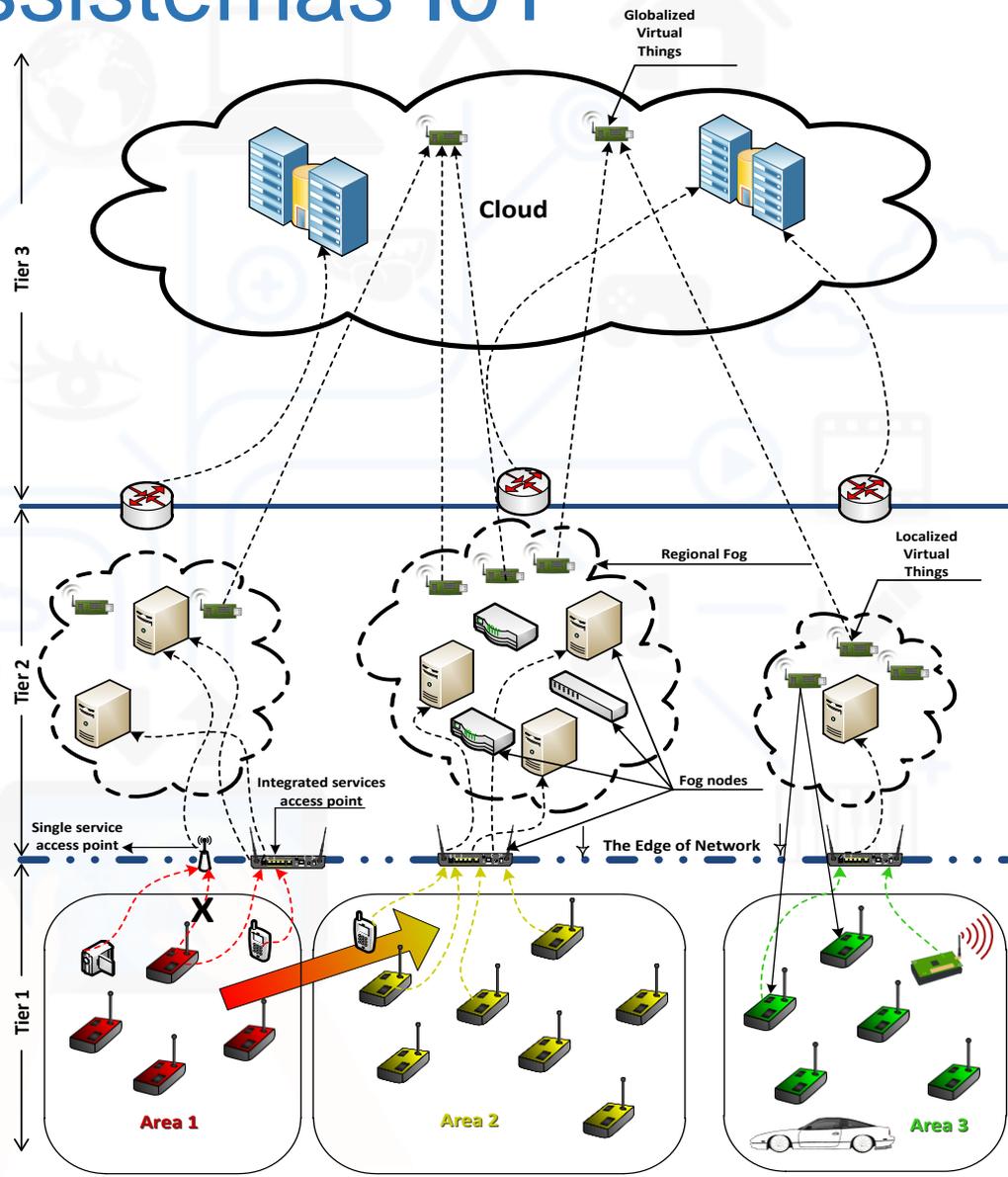
- ▶ Coexistência de múltiplos e heterogêneos dispositivos  **complexos ecossistemas**
 - ▶ vários desafios a serem enfrentados para que todos os elementos desses ecossistemas cooperem e produzam valor agregado para aplicações/usuários finais
- ▶ Iniciativas de pesquisa ainda estão na infância

Arquitetura conceitual para ecossistemas IoT

Integração de dispositivos sensores, de borda e da nuvem resulta em uma **arquitetura de três camadas** para IoT

Camadas 2 e 3 provêm recursos virtualizados para as aplicações

¹Wei Li, et al.: System modelling and performance evaluation of a three-tier Cloud of Things. Future Generation Comp. Syst. 70: 104-125 (2017)

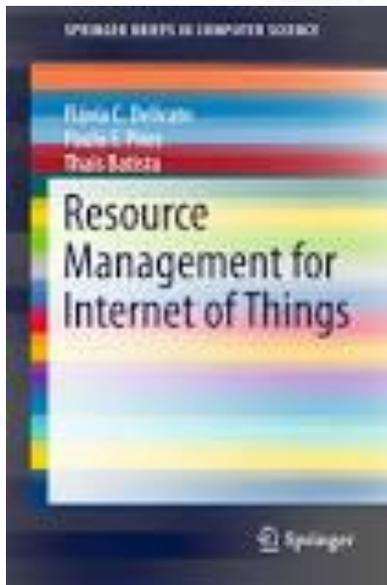


Gerenciamento de Recursos

Questão de pesquisa: **Como gerenciar eficientemente os recursos envolvidos em um ecossistema IoT?**

Desde a **aquisição de dados físicos** até sua transformação em valiosos **serviços/informações**

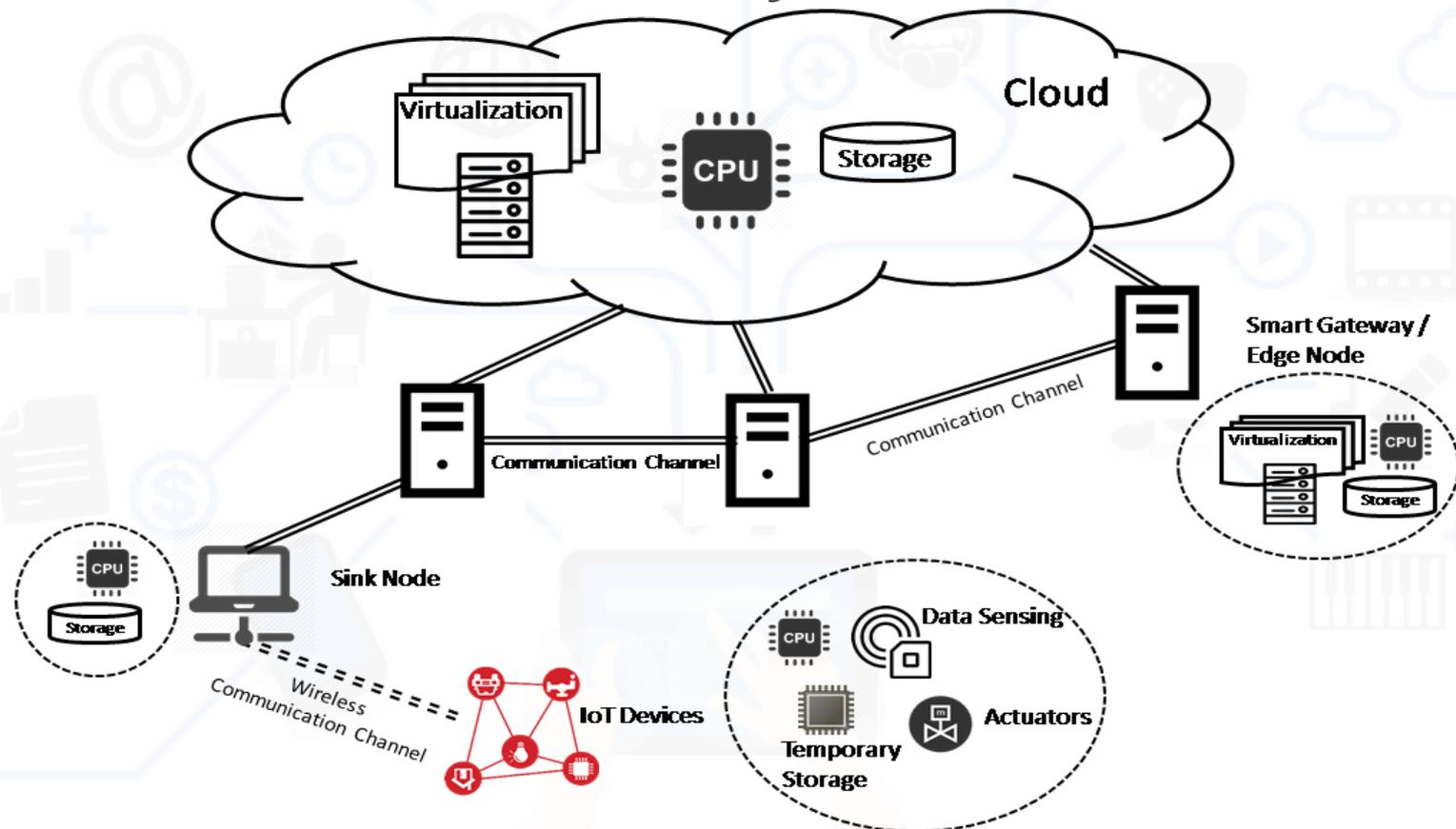
A interação de dispositivos IoT, gateways/nós de borda e centros de dados na nuvem cria um **problema complexo de gerenciamento** que precisa ser resolvido de forma inteligente¹



¹Flávia C. Delicato, Paulo F. Pires, Thaís Batista: **Resource Management for Internet of Things.** *Springer Briefs in Computer Science*, Springer 2017, ISBN 978-3-319-54246-1, pp. 1-112

O que é um recurso no contexto dos ecossistemas de IoT?

“A resource is any object which can be allocated within a system¹”



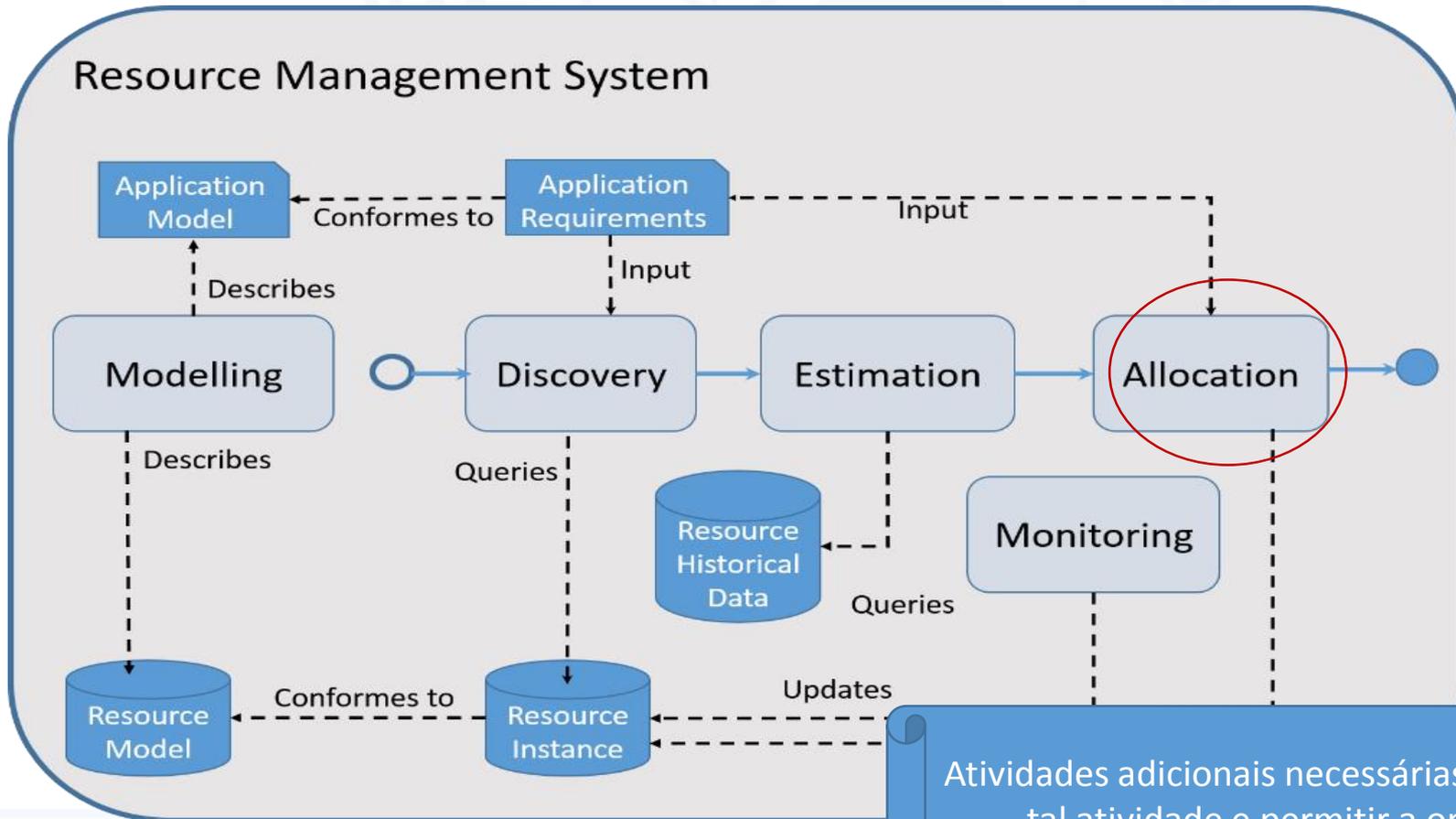
¹Balci, O. (1996), *Introduction to Computer Science Lecture Notes*, Department of Computer Science, Virginia Tech, Blacksburg, VA.

Objetivos do Gerenciamento de recursos em IoT

Considerando um **Sistema de Gerenciamento de Recursos** (RMS) em um sistema IoT de 3 camadas

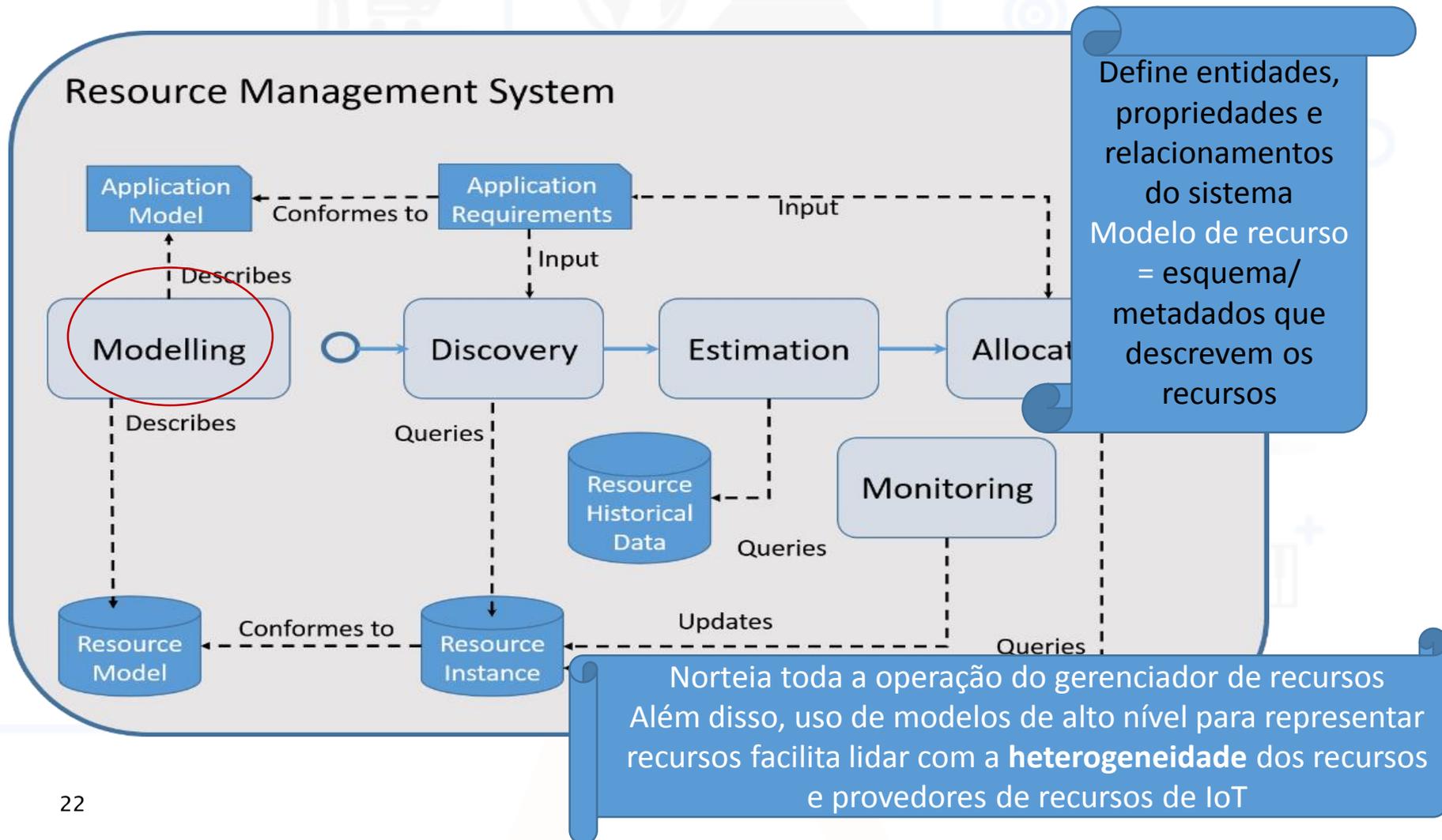
- Meta principal:
 - decidir o melhor esquema de **alocação de recursos** de acordo com as informações atualizadas sobre a disponibilidade de recursos do sistema
 - de modo a obter o **máximo de utilização** dos recursos do sistema enquanto atende-se aos **requisitos das aplicações**

Principais atividades no Gerenciamento de recursos em IoT



Atividades adicionais necessárias para apoiar tal atividade e permitir a operação adequada e contínua do sistema

Principais atividades no Gerenciamento de recursos em IoT



Modelagem de Recursos

- Modelos de recursos são tipicamente:
 - **criado por projetistas** de sistemas IoT e
 - **usado pelos Sistemas de Gerenciamento de Recursos** (RMS) e pelas **aplicações IoT**
- Característica importante de soluções de modelagem é a facilidade com que:
 - (i) projetistas podem **traduzir recursos da IoT** para as construções de modelagem disponíveis
 - (ii) aplicações podem **descrever suas necessidades** em termos de recursos, e
 - (iii) o RMS pode, em tempo de execução, usar e manipular informações de recursos para seus processos de **tomada de decisão**

Modelagem de Recursos

Três aspectos de abordagens de modelagem de recursos:

- **Nível de abstração**

- Exposição de diferentes parâmetros a serem ajustados para fins de otimização durante a alocação
 - Requisitos de nível de aplicação X clocks da CPU

- **Granulosidades**

- descrição **muito detalhada** dos recursos
 - fornece mais **flexibilidade** e permite uma melhor personalização do uso dos recursos (para as aplicações)
- às custas de um problema de **otimização mais difícil** de ser resolvido pelo RMS
 - Por ex., se uma requisição da aplicação é definida com base nas especificações físicas de cada máquina, a correspondência ideal da requisição com os recursos disponíveis se torna mais difícil de ser obtida, já que o possível espaço de solução de otimização é reduzido pela própria requisição

Modelagem de Recursos

- **Nível de formalismo**

- Notação formal, semi-formal ou informal
- Representações mais formais de recursos
 - fornecem **mais rigor** ao modelo
 - permitem usar ferramentas automatizadas para **verificação de consistência**
 - permitem explorar técnicas como **inferências**, durante a atividade de descoberta de recursos

Modelagem de Recursos

- Propostas existentes podem ser agrupadas em três categorias principais:
 - **baseadas em atributos** - baixo nível de abstração, granularidade fina e alto formalismo
 - **baseadas em semântica** - altos níveis de abstração e formalismo, diferentes granularidades
 - **baseadas em virtualização** - alto nível de abstração, baixo formalismo, diferentes granularidades

Modelagem de Aplicações

- Uma vez construído o **modelo de recursos** de acordo com a notação selecionada
 - a infraestrutura IoT pode expor os recursos (físicos ou virtuais) para as **aplicações clientes**
- **Aplicações de IoT** são construídas com base nesses recursos e, em última análise, são os gatilhos para o consumo de recursos

Modelagem de Aplicações

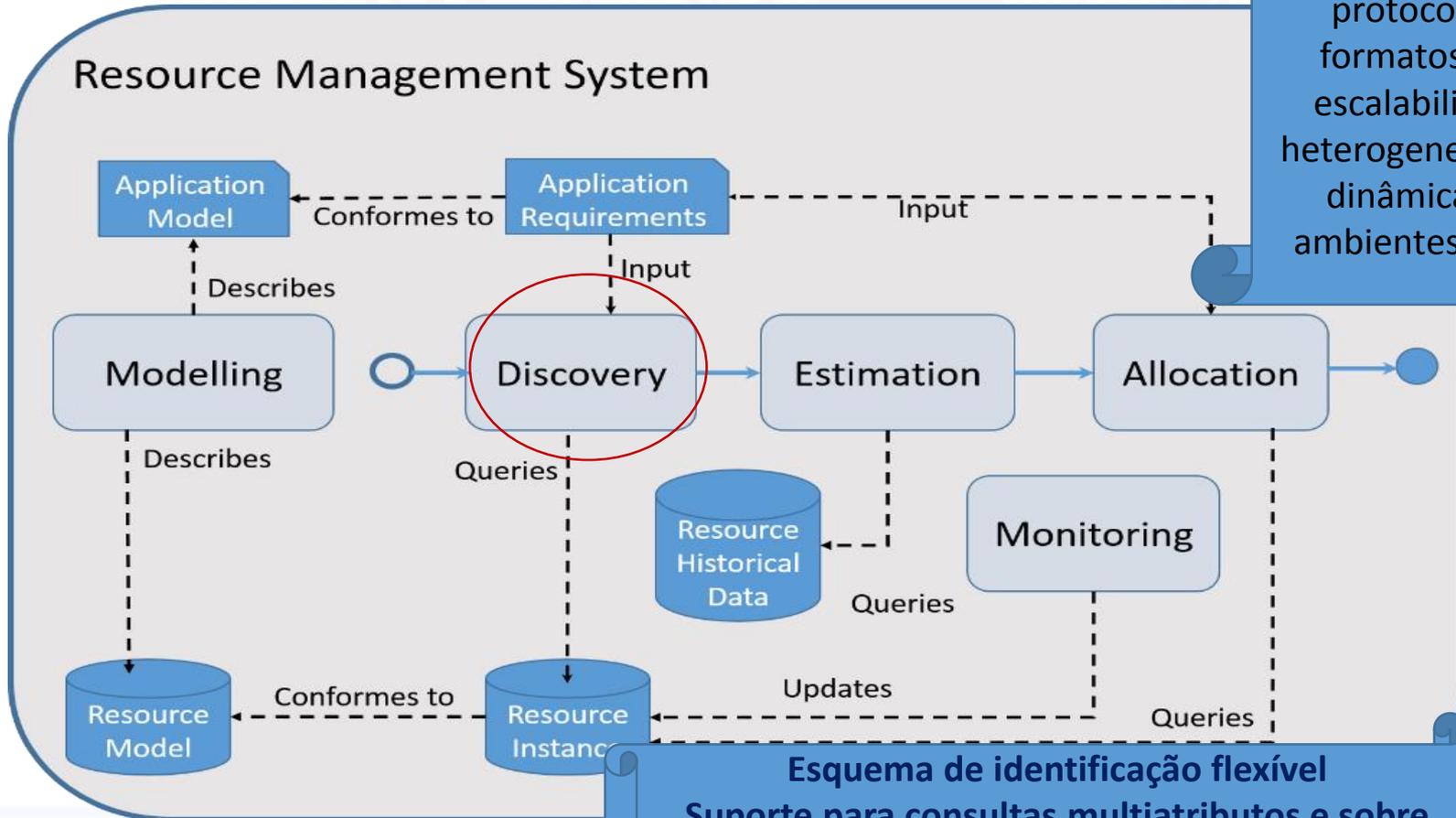
- Portanto, além do modelo de recursos, o RML também precisa incluir um **modelo de aplicação para representar**
 - (i) **conjunto de requisitos funcionais** descritivos (ex.: localização de interesse, **tipo de dados**, **taxa de amostragem**, eventos a serem detectados, ações a serem executadas na ocorrência de eventos)
 - (ii) um conjunto opcional de **atributos não funcionais** (QoS)
- Aplicações podem ser especificadas usando uma API programática ou declarativa ou usando alguma Linguagem Específica de Domínio de alto nível (DSL)^{1,2}

¹ [COSTA, B.](#) ; [Pires, P.](#) ; **DELICATO, FLAVIA C.** . Specifying Functional Requirements and QoS Parameters for IoT Systems. 15th IEEE Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing (DASC), 2017, USA.

² [COSTA, B.](#) ; [Pires, P.](#) ; **Delicato, Flávia C.** . Modeling IoT Applications with SysML4IoT. Euromicro Conference series on Software Engineering and Advanced Applications (SEAA), 2016, Limassol.

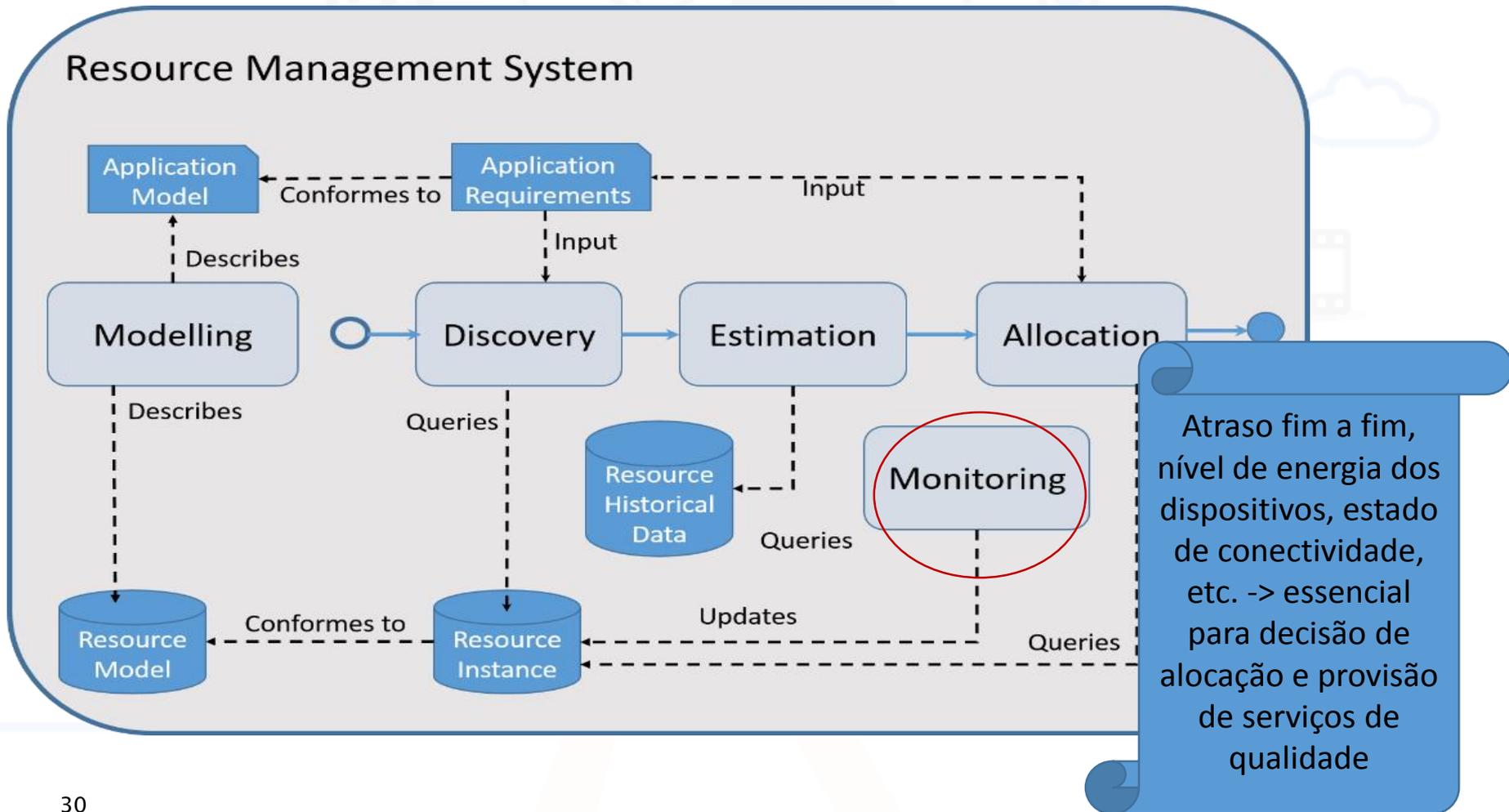
Principais atividades no Gerenciamento de recursos em

Desafios:
falta de padronização de protocolos e formatos, alta escalabilidade, heterogeneidade e dinâmica dos ambientes de IoT

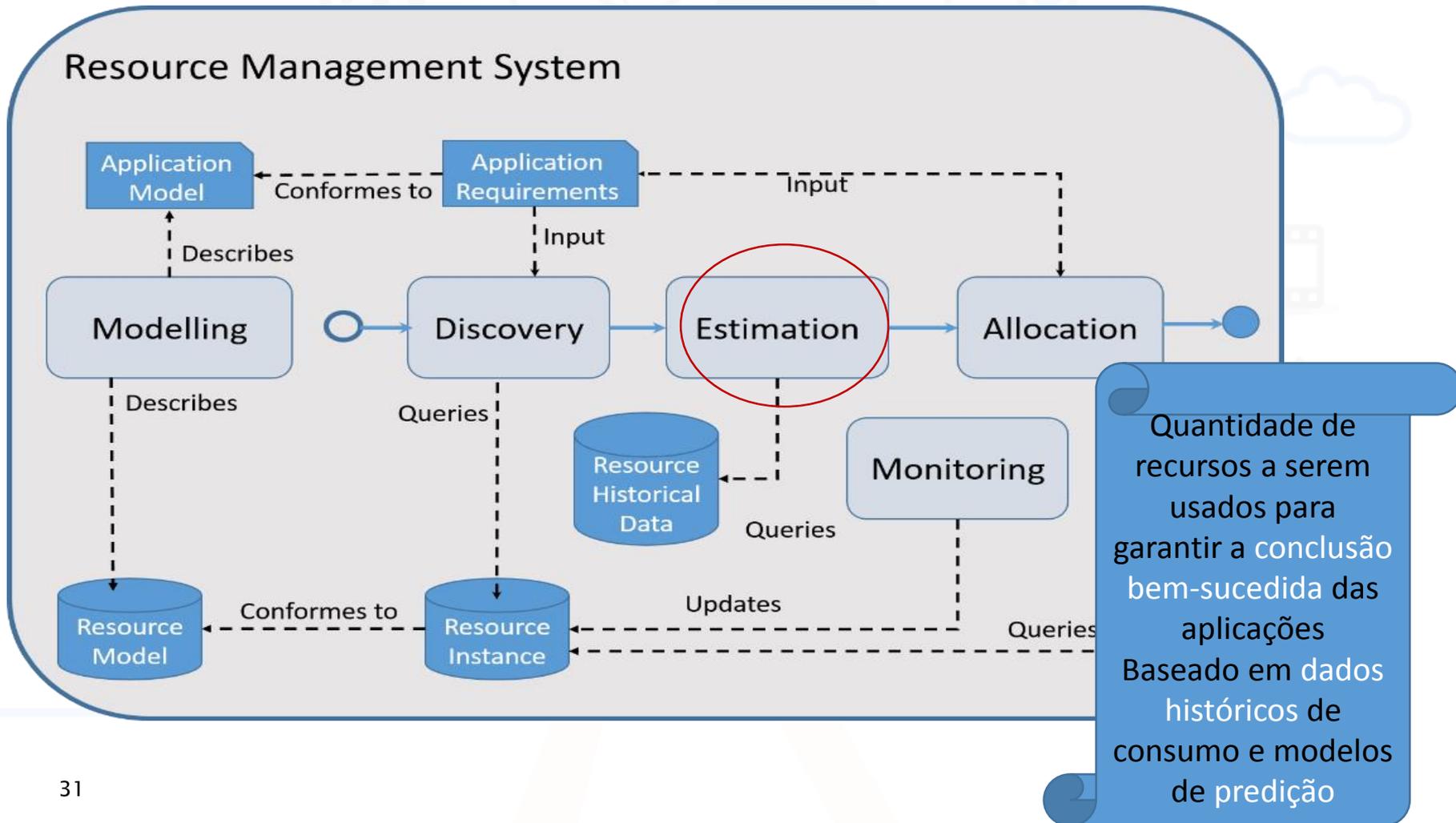


Esquema de identificação flexível
Suporte para consultas multiatributos e sobre intervalos
Ciência de contexto

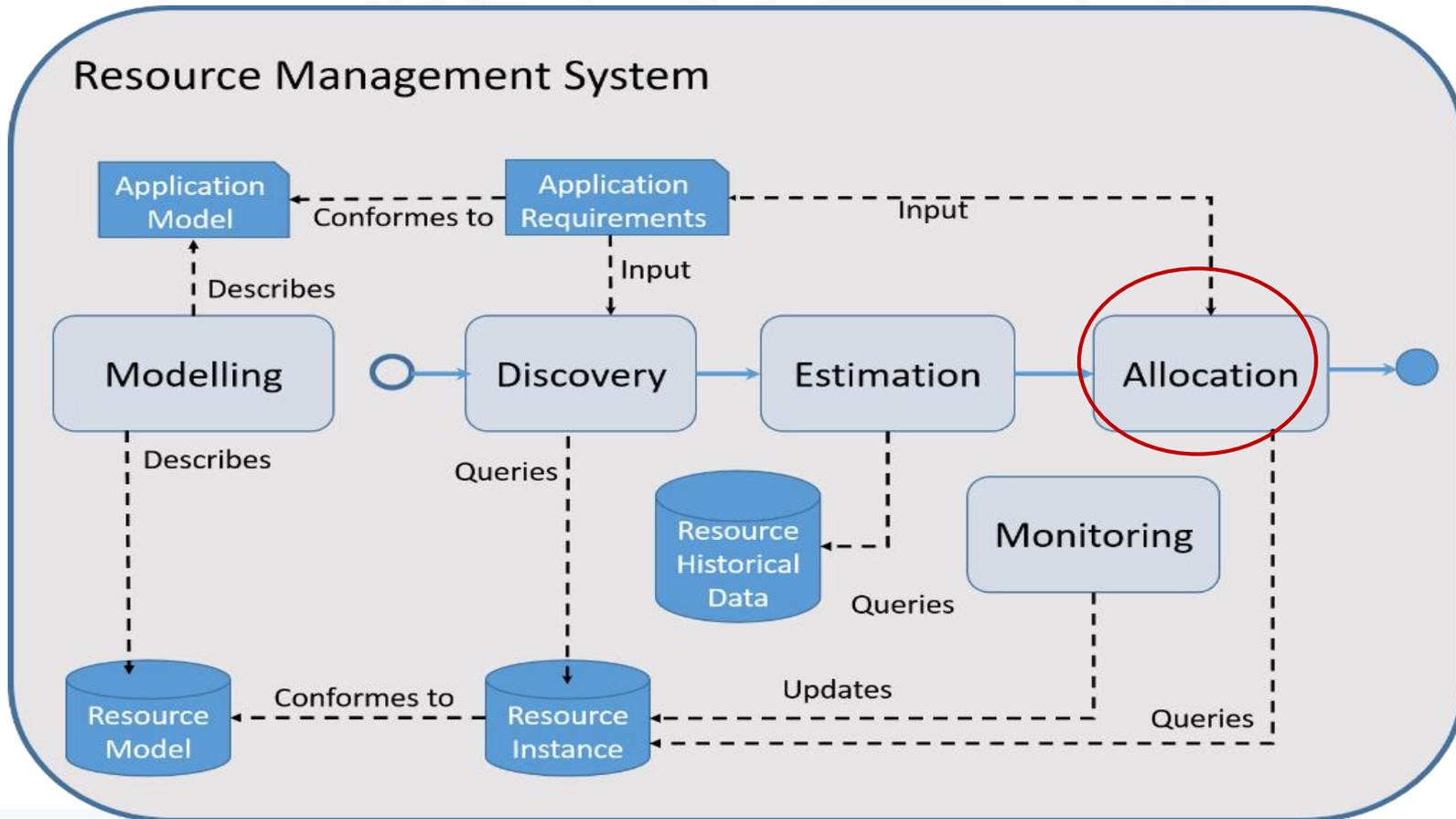
Principais atividades no Gerenciamento de recursos em IoT



Principais atividades no Gerenciamento de recursos em IoT



Principais atividades no Gerenciamento de recursos em IoT



Alocação de Recursos

- ▶ **Processamento de uma aplicação** -> carga de trabalho para o sistema IoT
- ▶ **Carga de trabalho** -> quantidade de recursos consumidos para realizar as tarefas requeridas pela aplicação

Exemplos de tarefas	Exemplos de recursos
<ul style="list-style-type: none">• Sensoriar, processar e transmitir 50 amostras de temperatura e• adquirir, processar e transmitir uma imagem JPEG	<ul style="list-style-type: none">• memória (e.g. bytes)• carga de processamento (e.g. MIPS)• tempo de uso de unidades de sensoriamento• uso de largura de banda de rede

Alocação de Recursos

- ▶ **Objetivo:** acomodar a carga de trabalho de todas as aplicações em execução no sistema IoT
 - ▶ alocando os recursos necessários (virtuais ou físicos) para que os resultados esperados de todas as aplicações sejam fornecidos e a QoS exigida (conforme determinado pelos SLAs) seja atendida
- ▶ Isso implica
 - **identificar** as várias unidades finas de execução que compõem uma aplicação (**tarefas**)
 - **distribuir** tais unidades de execução entre os elementos do sistema
 - de preferência de maneira **justa** entre aplicações (ou por **prioridades**) e otimizando a utilização geral dos recursos do sistema

Alocação de Recursos

- Principais entradas de um sistema genérico de alocação de recursos:
 - (i) o **modelo de recursos** (schema usado para descrever os tipos de recursos existentes em todo o sistema IoT)
 - (ii) o **modelo da aplicação** (conjunto de requisitos funcionais e não funcionais)
 - (iii) **status atual dos recursos IoT** (instâncias de recursos junto com sua utilização instantânea)

Alocação de Recursos

- Atividade não trivial em ecossistemas de IoT
 - **Cenário dinâmico**
 - **Heterogeneidade** (dispositivos/recursos/aplicações/requisites de QoS)
- Várias camadas provendo diferentes recursos, com diferentes capacidades de computação
 - Decisão sobre **qual camada** deve lidar com a carga de trabalho e quantas tarefas atribuir a cada parte
 - Alocação estática (*task placement*) X dinâmica
 - Mobilidade da carga de trabalho entre as camadas (*computational offloading*)
- Múltiplas estratégias de alocação disponíveis
 - **Casos extremos**: execução total da carga de trabalho nos dispositivos IoT X execução total na **Cloud**

Alocação de Recursos

- Tipicamente considerada como um **problema de otimização**
 - Várias técnicas empregadas para resolvê-lo, perseguindo diferentes **metas de desempenho** (incluindo latência, largura de banda, energia, custo), atendendo a diferentes **restrições**, considerando diversos *tradeoffs*

Zeus: A Resource Allocation Algorithm for the Cloud of Sensors. I. L. Santos L. Pirmez, F. C. Delicato, G. M. Oliveira, C. M. Farias, S. U. Khan, and A. Y. Zomaya. Future Generation Computer Systems (to appear)

A dynamic tradeoff data processing framework for delay-sensitive applications in Cloud of Things systems. Yucen Nan, Wei Li, Wei Bao, Flávia Coimbra Delicato, Paulo F. Pires, Albert Y. Zomaya: J. Parallel Distrib. Comput. 112: 53–66 (2018)

Cost-effective processing for Delay-sensitive applications in Cloud of Things systems. Yucen Nan, Wei Li, Wei Bao, Flávia C. Delicato, Paulo F. Pires, Albert Y. Zomaya – NCA 2016: 162–169 (Best Paper)

Considerações Finais

- A Internet das coisas não é o futuro, ela já está entre nós!
- Tecnologias habilitadoras já existem
- Ampla gama de aplicações
- Soluções para os desafios em aberto precisam ser desenvolvidas
 - **Segurança e Privacidade de dados** também são desafios fundamentais não discutidos aqui
 - Questões econômicas e sociais também são relevantes
 - Necessidade de novos modelos de negócios

The background features a network of light blue lines connecting various icons. These icons include a shopping cart, a globe with a location pin, a laptop, a burger, a house, a target, a cloud, a game controller, a film strip, a play button, a musical note, a piano keyboard, a smartphone, a tablet being held by hands, a document, a bar chart, a person at a desk, a dollar sign, a clock, a speech bubble, a plus sign, a minus sign, a magnifying glass, and a location pin with an 'X'.

Perguntas?

fdelicato@cos.ufrj.br