# Computação Ubíqua e IoT: Aplicações em Automação Residencial e Linhas de Pesquisa Emergentes

Fábio Engel de Camargo

fabioe@utfpr.edu.br





## Conteúdo

- Apresentação
- Conceitos Fundamentais
  - Computação Ubíqua e Pervasiva
  - Internet das Coisas
  - Tecnologias
- 3 Automação Residencial
  - Home Assistant
- 4 Linhas de Pesquisa Emergentes
- Considerações Finais





# Apresentação

- Fábio Engel de Camargo

  - ► Mestrado em Ciência da Computação (2011-2013). 

    □
    UEL
  - ▶ Doutorado em Ciência da Computação (2018-2022). □FPR
  - ► Professor do Magistério Superior (desde 2014). UTPR

## Conceitos Fundamentais

- Conceitos Fundamentais:
  - ► Computação Ubíqua e Pervasiva.
  - ► IoT.
  - ► Tecnologias:
    - Tecnologias de comunicação sem fio.
    - MQTT.

#### Computação Ubíqua.

- ► Termo cunhado por Mark Weiser em 1988.
- ► Weiser propôs que a computação fosse integrada a objetos comuns, transformando-a em uma atividade fluida e, idealmente, imperceptível conceito que ele também denominou "computação invisível".
- ► Citação de Weiser:

"As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se entrelaçam no tecido da vida cotidiana até se tornarem indistinguíveis dele."

### Computação Pervasiva.

- ▶ No meio da década de 1990, a IBM iniciou uma linha de pesquisa denominada computação pervasiva (pervasive computing).
- ► Computação pervasiva é mais ligada à implementação prática e mercadológica, com foco em dispositivos e conectividade.

- Resumo rápido:
  - ▶ Ubíqua → "Computação em todo lugar, de forma invisível e contextual".
  - ▶ Pervasiva → "Computação em todo lugar, de forma acessível e conectada".
- Hoje, na literatura técnica e na indústria, os dois termos se sobrepõem tanto que é comum usar um pelo outro.

- Princípios e características da Computação Ubíqua e Pervasiva:
  - Conectividade Contínua.
  - Sensibilidade ao Contexto.
  - ► Interação Natural e Invisível.
  - ► Inteligência Ambiental.
  - ► Escalabilidade e Heterogeneidade.

## Internet das Coisas

 Internet das Coisas (Internet of Things - IoT) é a interconexão de dispositivos físicos equipados com sensores, atuadores e conectividade, capazes de coletar e trocar dados para oferecer serviços automatizados e inteligentes.



Figura 1: Arquitetura IoT.



Figura 2: Aplicações de IoT.







Padrão: Aberto (IEEE 802.15.4, Connectivity Standards Alliance (CSA)).

Figura 3: Tecnologias de comunicação sem fio

## 🛾 🙋 zigbee

- ► Topologias: suporta estrela, árvore e malha (mesh).
- ► Alcance individual típico: 10 a 20 metros, podendo ser estendido com roteadores.
- ► Taxa de transmissão: até 250 kbps.
- ▶ Baixo consumo: ideal para sensores e dispositivos a bateria.
- ► Segurança: usa criptografia AES-128 para confidencialidade e autenticação.

- O Zigbee organiza os dispositivos em uma rede hierárquica, composta por três tipos principais:
  - ► Coordenador
    - Único por rede, responsável por formar e gerenciar a rede.
    - Armazena informações de segurança e tabelas de endereços.
  - ► Roteador
    - Encaminha mensagens e pode aceitar novos dispositivos na rede.
    - Ajuda a manter a malha funcionando.
  - ► Dispositivo Final
    - Opera com baixo consumo, geralmente sensores e atuadores.

- Objeto de Aplicação Zigbee.
  - Perfis: conjunto de regras que garantem compatibilidade. Ex: Home Automation, Zigbee Light Link, Zigbee Health Care, Zigbee Industrial.
  - ► Endpoints: instâncias lógicas que agrupam clusters e perfis em um mesmo dispositivo.
  - ► Clusters: definem funcionalidades.

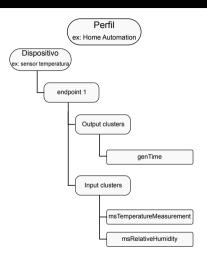


Figura 4: Dispositivo zigbee.

- Protocolo MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*):
  - ▶ Protocolo de comunicação leve, baseado em publicação/assinatura (publisher/subscriber).
- Arquitetura:
  - ▶ Broker (Servidor): responsável por receber, filtrar e encaminhar mensagens.
  - ► Clientes (Dispositivos): podem publicar ou assinar tópicos.
  - ► Tópicos: estrutura hierárquica usada para organizar mensagens (ex.: casa/sala/temperatura).

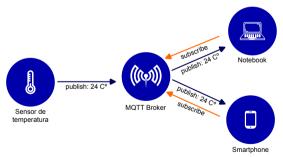


Figura 5: Protocolo MQTT.

- Automação Residencial.
  - ► Ou Domótica domus (casa, em latim) + robótica.
  - ▶ Refere-se à utilização de tecnologias e sistemas inteligentes para controlar, monitorar e otimizar o funcionamento de dispositivos e serviços em uma residência.
- Smart home Conceito mais recente e comercial. Vai além da automação porque envolve conectividade com a Internet, dispositivos inteligentes e controle remoto/por voz.



Figura 6: Automação residencial.

- Dispositivos de loT na automação residencial.
  - Sensores (captam informações).
    - Sensor de movimento (PIR).
    - Sensor de presença (radar, ultrassom).
    - Sensor de temperatura e umidade.
    - Sensor de abertura/fechamento de portas.
    - Sensor de luminosidade.
    - Sensor de vazamento de água.

- ► Atuadores (executam ações físicas).
  - Lâmpadas inteligentes (LED smart).
  - Tomadas inteligentes.
  - Fechaduras inteligentes (smart locks).
  - Câmeras.
  - Cortinas e persianas motorizadas.
  - Interruptores inteligentes.
  - Termostatos inteligentes.

# SENSORES ATUADORES 122

Figura 7: Sensores e atuadores.

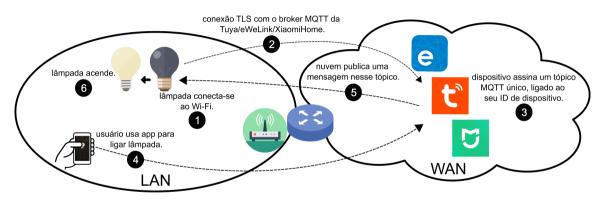


Figura 8: Fluxo de Comunicação entre Aplicativo e Dispositivo IoT via Nuvem.

- No cenário de casas inteligentes, a integração de dispositivos é um fator importante para criar um ecossistema coeso e funcional.
  - ► Ecossistemas das Big Techs: Google Home, Amazon Alexa, Samsung Smarthings.
    - Dependência da Nuvem.
    - Limitações de Privacidade e Dados.
    - Falta de Personalização Avançada.

### Home Assistant

- ♣ Home Assistant
  - ▶ É um *middleware* de automação residencial com arquitetura modular, orientado a eventos, que oferece suporte a múltiplos protocolos de IoT e abstrai a heterogeneidade dos dispositivos em um modelo unificado de entidades.
  - ► Os principais componentes são:
    - Core.
    - Integrations (ou Componentes).
    - Supervisor e Add-ons.

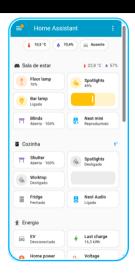


Figura 9: Home Assistant

## Home Assistant

- Do ponto de vista acadêmico, o Home Assistant se destaca como:
  - ▶ Plataforma de prototipagem rápida para sistemas de automação e *smart homes*.
  - ► Ambiente de pesquisa em loT pela ampla compatibilidade com protocolos e dispositivos.
  - ► Base para experimentos de interoperabilidade em cenários híbridos.
  - ► Ferramenta de ensino em cursos de Redes, IoT e Computação Ubíqua, por permitir a exploração prática de conceitos como event-driven programming, middleware distribuído e segurança em IoT.

- Computação Ubíqua e Pervasiva no HA.
  - ► Conectividade Contínua: Todos os dispositivos ficam acessíveis em tempo real, seja via rede local ou remoto (cloudflared).
  - ► Sensibilidade ao Contexto: Automações reagem ao contexto (horário, clima, presença, localização do usuário).
  - ► Interação Natural e Invisível: comandos podem ser dados por voz (Alexa, Atom Echo) ou nem precisar de interação explícita (automatizações silenciosas).
  - ► Inteligência Ambiental: os ambientes possam se tornar inteligentes.
  - Escalabilidade e Heterogeneidade: Integração com centenas de dispositivos e protocolos diferentes.

- Linhas de Pesquisa Emergentes:
  - Interoperabilidade e Padrões.
  - Privacidade, Ética e Segurança.
  - Automação Residencial Sustentável.
  - 4 Inteligência Artificial em Ambientes Ubíquos.
  - Interfaces Multimodais e Interação Natural.

- 1- Interoperabilidade e Padrões.
  - ► Problema: ecossistema fragmentado (ZigBee, Z-Wave, Matter, Wi-Fi, Bluetooth,...).
  - ► Pesquisa emergente: desenvolvimento de middlewares ubíquos que permitam integração transparente entre dispositivos de diferentes fabricantes.

# مر matter

- ► Padrão aberto para IoT residencial.
- ► Desenvolvido pela Connectivity Standards Alliance (CSA) (ex-Zigbee Alliance).
- ► Lancado oficialmente em outubro 2022.
- ► Atualmente na versão 1.4.2 (atualizado em 11 de agosto de 2025).
- ► Criptografia ponta a ponta.
- ► Protocolo de aplicação que envia mensagens sobre TCP/UDP/IP.
- Funciona sobre várias camadas físicas:
  - ightharpoonup Wi-Fi ightharpoonup para dispositivos com maior demanda de banda.
  - ightharpoonup Thread ightharpoonup rede mesh de baixo consumo para sensores e atuadores.
  - ightharpoonup Ethernet ightarrow opção estável para dispositivos fixos.

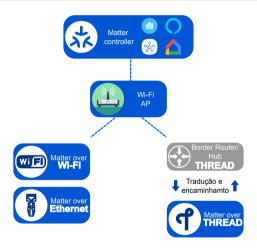


Figura 10: Matter

- Thread é baseado em IPv6, porém, esse endereço só é acessível dentro da rede Thread.
- Algumas plataformas, como SmartThings, usam hubs como ponto central de integração, mesmo para dispositivos Wi-Fi. Possíveis razões:
  - Compatibilidade retroativa: suportar dispositivos antigos ou Thread/Zigbee ao mesmo tempo.
  - ► Gerenciamento centralizado: o hub atua como "única fonte de verdade" para automações.
  - ► Segurança/autenticação: a plataforma exige que o hub faça a autenticação.
  - ► Atualizações de firmware OTA: muitas vezes só funcionam via hub oficial.

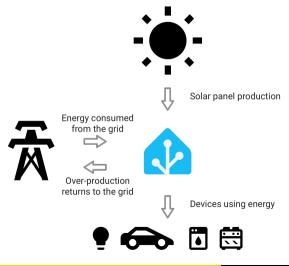
- 2 Privacidade, Ética e Segurança.
  - ► Coleta massiva de dados sensíveis no lar (voz, vídeo, presença).
  - ► Pesquisa emergente:
    - Privacidade diferencial aplicada a dados domésticos.
    - Políticas de governança de dados pessoais em ambientes ubíquos.

• A conveniência da automação residencial vem com a "moeda" da coleta de dados.



- 3 Automação Residencial Sustentável.
  - ► Energia inteligente: monitoramento e otimização do consumo de eletrodomésticos.
  - ► Sensores autônomos com *energy harvesting* (captura de energia do ambiente).
  - ▶ Pesquisa emergente: algoritmos para gerenciamento de energia em residências inteligentes conectadas a *smart grids*.

• Home Energy Management.



- 4 Interfaces Multimodais e Interação Natural.
  - ► Casas sensíveis que reconhecem voz, gestos, presença, emoções.
  - ► Pesquisa emergente:
    - Interação multimodal ubíqua (voz + visão + contexto).
    - Interfaces acessíveis para idosos e pessoas com deficiência.
    - Ambientes proativos que "antecipam" necessidades.

- 5 Inteligência Artificial em Ambientes Ubíquos.
  - ► Aprendizado de hábitos do usuário: sistemas que adaptam rotinas automaticamente (ex: iluminação, climatização).
  - ► Edge AI: algoritmos de aprendizado de máquina embarcados em dispositivos IoT, reduzindo dependência da nuvem.
  - Pesquisa emergente: modelos leves de IA para rodar em microcontroladores (TinyML).

# Considerações Finais

- Smart homes são um exemplo da evolução em direção à computação ubíqua.
  - ► Cada avanço em interoperabilidade, automação e inteligência contextual, nos aproxima mais dessa visão um mundo onde a tecnologia deixa de ser percebida como "ferramenta" e passa a ser parte natural do ambiente.