

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO**

Thiago Raulino Dal Pont

**UM MODELO DE GELADEIRA APRIMORADO QUE
FACILITE A VIDA DOS USUÁRIOS E QUE LEVA EM
CONTA SUAS PREFERÊNCIAS**

Araranguá

2017

Thiago Raulino Dal Pont

**UM MODELO DE GELADEIRA APRIMORADO QUE
FACILITE A VIDA DOS USUÁRIOS E QUE LEVA EM
CONTA SUAS PREFERÊNCIAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Universidade Federal
de Santa Catarina, como parte dos
requisitos necessários para a obten-
ção do Grau de Bacharel em Enge-
nharia de Computação.

Orientador: Prof. Alexandre Leo-
poldo Gonçalves, Dr.

Araranguá
2017

Thiago Raulino Dal Pont

**UM MODELO DE GELADEIRA APRIMORADO QUE
FACILITE A VIDA DOS USUÁRIOS E QUE LEVA EM
CONTA SUAS PREFERÊNCIAS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado aprovado para a obtenção do Título de “Bacharel em Engenharia de Computação”, e aprovado em sua forma final pela Universidade Federal de Santa Catarina.

Araranguá, 04 de dezembro 2017.

Prof. Dr. Eliane Pozzebon
Coordenadora

Banca Examinadora:

Primeiro membro
Universidade ...

Segundo membro
Universidade ...

Terceiro membro
Universidade ...

RESUMO

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Palavras-chave: Borracha, relógio, mouse, chave

ABSTRACT

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

Keywords: erase, watch, mouse, key

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1	Fluxo das Etapas do Trabalho.....	25
Figura 2.1	Arquiteturas para IoT.....	28
Figura 2.2	Arquitetura básica para o IEEE802.11.....	37
Figura 2.3	Modelo para casas inteligentes.....	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Resumo dos protocolos 802.11.....	37
------------	-----------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RAM	<i>Random Access Memory</i>	19
IoT	<i>Internet of Things</i>	19
WPAN	<i>Wireless Personal Area Network</i>	29
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>	29
ISM	<i>Industrial Scientific and Medical</i>	30
TDM	<i>Time-Division Multiplexing</i>	30
BR/EDR	<i>Basic Rate/Enhanced Data Rate</i>	30
BLE	<i>Bluetooth Low Energy</i>	30
RFID	<i>Radio-Frequency IDentification</i>	32
NFC	<i>Near Field Communication</i>	33
NDEF	<i>NFC Data Exchange Format</i>	34
PDF	<i>Portable Document Format</i>	34
URL	<i>Uniform Resource Locator</i>	34
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>	36
OSI	<i>Open System Interconnection</i>	36
BSS	<i>Basic Service Set</i>	36
AES	<i>Advanced Encryption Standard</i>	38

LISTA DE SÍMBOLOS

\int	Integral	19
--------	----------------	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	19
1.1	PROBLEMÁTICA	22
1.2	OBJETIVOS	23
1.2.1	Geral	23
1.2.2	Específicos	23
1.3	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	23
1.4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
1.5	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	26
2	INTERNET DAS COISAS	27
2.1	ARQUITETURA	28
2.2	TECNOLOGIAS	29
2.2.1	Bluetooth	29
2.2.1.1	Categorias	30
2.2.1.2	Bluetooth 5.0	31
2.2.2	RFID	32
2.2.3	NFC	33
2.2.4	Zigbee	34
2.2.5	Wi-Fi	36
2.2.6	Outros	38
2.3	AMBIENTES INTELIGENTES	39
2.3.1	Smart grid	39
2.3.2	Smart home	39
2.3.3	Outros	42
2.4	DESAFIOS	43
3	SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO	45
3.1	HISTÓRICO	45
3.2	ABORDAGENS	45
3.2.1	Filtragem Colaborativa	45
3.2.2	Baseada em conteúdo	45
3.2.3	Híbrida	45
3.2.4	Baseada em conhecimento	45
3.3	APLICAÇÕES	45
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, presencia-se os acelerados avanços em ciência e tecnologia impulsionados por empresas dos mais diversos ramos e pelas constantes pesquisas nas universidades.

Um dos avanços mais significativos é a Internet, com um grande impacto no desenvolvimento da economia global e na sociedade atual. Em duas décadas tem decorrido um grande crescimento na disponibilidade do acesso à rede. Em setembro de 2016, o número de usuários da rede mundial de computadores era de, aproximadamente, 3,75 bilhões, cerca de metade da população mundial e por volta de 92 vezes maior em relação ao ano 2000 (MINIWATTS MARKETING GROUP, 2016). Outro grande avanço se tem nos celulares, aos quais evoluíram tanto nos últimos anos que passaram de simples e grandes telefones sem fio à dispositivos menores, no entanto, com acesso a Internet, recursos avançados de áudio e vídeo e poder de processamento equiparável ao de computadores de mesa (*desktops*) e/ou notebooks.

Em meio ao domínio da Internet, um novo paradigma surgiu no meio acadêmico e aos poucos ganha terreno nas grandes empresas. A sua proposta é levar a tecnologia a objetos do dia a dia, como condicionadores de ar, lâmpadas, fogões etc., e, assim, criar novas formas de interação além de funcionalidades inéditas, seguindo o exemplo dos *smartphones*.

Mencionada pela primeira vez, por Kevin Ashton, em 1999 (FINEP, 2015), a Internet das Coisas ou IoT (em inglês, *Internet of Things*) está cada vez mais próxima da realidade. Abrigará um variado ecossistema de dispositivos com capacidade de processamento, sensoriamento, conexão com demais dispositivos e, em muito casos, com a Internet, entre outros avanços. Estima-se que, em 2020, cerca de 24 bilhões de dispositivos IoT estejam conectados, implicando em cerca de quatro dispositivos por pessoa (MEOLA, 2016). Contudo, com o crescimento do número de itens computacionais, a quantidade de dados gerado por eles também cresce, mas de maneira exponencial (CHIANG; ZHANG, 2016). A partir disso, o fluxo de dados na rede de internet se intensifica a ponto de comprometer o desempenho desta. Isso ocorre devido ao modelo atual de funcionamento da rede, ou seja, centralizado. Portanto, uma nova arquitetura se faz necessária para incorporar os dispositivos IoT à Internet tradicional. Nesse contexto, a *fog computing* ou computação de neblina, surge como potencial solução, com base na proposta de uma nova forma de organização de rede para complementar a atual.

Isso é possível com base na aproximação de algumas funcionalidades centralizadas em servidores aos dispositivos que as utilizam (CHIANG; ZHANG, 2016). Para tanto, um dispositivo de rede seria responsável por uma *nuvem local*. Assim, os dispositivos IoT se comunicariam com esse equipamento e obteriam funcionalidades necessárias de maneira mais eficiente. A nuvem local se comunicaria diretamente com a nuvem convencional, transferindo apenas informações necessárias (SYED; FERNANDEZ; ILYAS, 2016).

Os objetos inteligentes, ou *smart objects*, com funcionalidades expandidas como comunicação, sensoriamento, processamento e atuação sobre o ambiente, promovem a interação entre o mundo físico (analogico) e o mundo digital (STOJKOSKA et al., 2017). Isso ocorre graças a sensores capazes de capturar grandezas como temperatura e luminosidade e, a partir disso, permite que aplicações tenham conhecimento do contexto do ambiente. Baseando-se nesses conceitos, algumas companhias vêm colocando no mercado novos produtos com características citadas. Como exemplo, é citável o Amazon Echo¹, um dispositivo que opera com o serviço de assistente pessoal Alexa, e interage com pessoas em uma casa a partir de comando de voz. Outro produto destacável, é a *smart lock* da empresa Nuki², pelo qual é possível abrir e fechar a porta apenas com um toque no aplicativo móvel pelo *smartphone* ou através de um *smart watch*. Por outro lado, áreas como esportes também recebem atenção. O CARV³, um dispositivo vestível ou *wearable*, ao qual propõe um calçado para praticantes de ski capaz de analisar em tempo real o modo de esquiar e fornecer informações detalhadas sobre.

Os *smart objects* poderão, a partir da IoT, operar em conjunto e comporem os chamados *smart environments*, ambientes nos quais a integração dos dispositivos agrega novas funcionalidades e formas de interação para aquele ambiente (ASANO; YASHIRO; SAKAMURA, 2016). Entre os ambientes inteligentes emergentes estão as *smart grids*, às quais propõem a atualização do sistema elétrico atual a partir do uso da tecnologia. Uma das principais mudanças será o direcionamento do fluxo de energia e informações em dois sentidos. Como consequência, será possível consumir e fornecer energia para o sistema elétrico, bem como trocar informações sobre o estado da rede de eletricidade, o consumo entre outros avanços. Tudo isso será viável em virtude da capacidade de sensoriamento, troca de informações, controle e de tec-

¹<https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Bluetooth-Speaker-with-WiFi-Alexa/dp/B00X4WHP5E>

²<https://nuki.io/en/shop/nuki-smart-lock/>

³<https://www.kickstarter.com/projects/333155164/carv-the-worlds-first-wearable-that-helps-you-ski>

nologia da informação e comunicação (CECILIA; SUDARSANAN, 2016).

Além das *smart grids*, outro ambiente em expansão é a *smart home*. Através dela, os moradores de uma casa podem interagir com um ambiente inteligente capaz de responder ao seus comportamentos e prover diversas funcionalidades (SILVA et al., 2012). Isso se deve à presença de dispositivos dotados com tecnologias de sensoriamento, controle e comunicação. Além disso, a integração desse ambiente com a *smart grid* pode propiciar um aumento na eficiência do consumo da casa, a partir do gerenciamento dos dispositivos conectados implicando, desse modo, menos gastos com eletricidade no final do mês (citar).

Os ambientes inteligentes podem abrigar outros menores. No caso das *smart homes*, é possível subdividi-las em ambientes como a cozinha inteligente ou *smart kitchen*. Nesse ambiente, usuário tem à disposição novas maneiras de interagir com os utensílios na preparação de alimentos, eletrodomésticos entre outros. A partir disso, surgem diversas oportunidades em termos de criação de produtos, como geladeiras, fogões, cafeteiras conectadas. Em relação às geladeiras inteligentes ou *smart fridges*, por exemplo, viu-se um avanço nos últimos anos. Desde os anos 2000 vem-se pensando em como conectar refrigeradores à Internet, com a LG⁴ entre as primeiras companhias a implementar o conceito de dispositivos conectados à Internet. Em pesquisas recentes, propõe-se adicionar outros recursos como monitoramento dos produtos no interior e seus respectivos prazos de validade entre outros (HACHANI et al., 2016).

As interações das pessoas com os ambientes citados gerará uma grande quantidade de dados. Um aproveitamento eficiente desses dados pode ampliar as aplicações da IoT. Uma das diversas formas para colocar essa ideia em prática são os sistemas de recomendação. Com base nas preferências indicadas pelo usuário ou no seu comportamento, esses sistemas buscam selecionar e fornecer informações relevantes (FILHO; GEUS; ALBUQUERQUE, 2008). Sistemas de recomendação são divididos em duas classes: filtragem colaborativa em que as recomendações são feitas com base na similaridade das preferências de usuários com os demais, isto é, em gostos de outros usuários em produtos, serviços etc., que o usuário não conhece, mas tem alta probabilidade de interesse. Outra categoria é a baseada em conteúdo, na qual os conteúdos apresentados ao usuário são baseados nas suas próprias preferências, ou seja, em itens semelhantes aos de interesse. Por fim, existe a abordagem mista, em que ambas as categorias citadas são mescladas, aproveitamento, desse modo, as melhores características de cada uma (THOMAS;

⁴<http://www.lg.com>

SUJATHA, 2016). Além disso, as aplicações de sistemas de recomendação são adotadas nos mais diversos campos, entre eles, plataformas de streaming de filmes e séries, sites de vendas online entre outros. Ainda assim, os sistemas de recomendação vêm recebendo novas propostas de uso como sistemas aptos a propor pontos de carga para condutores de carros elétricos (FERREIRA et al., 2011) e notícias personalizadas (YEUNG; YANG, 2010).

1.1 PROBLEMÁTICA

Com o avanço da Internet das Coisas, a rede de internet necessitará de algumas adaptações para suportar o grande número de dispositivos conectados e alto volume de dados que serão transmitidos a todo momento. Além disso, como cada dispositivo estará vinculado à rede, ele estará, portanto, ao alcance de ciber criminosos. No entanto, a segurança em IoT não evoluiu suficientemente para garantir preservação desses dispositivos.

Em relação as geladeiras inteligentes, um dos problemas no monitoramento e registro de itens em uma geladeira é o modo com o qual é realizado. Muitas propostas fazem uso de dispositivos que operam por ondas eletromagnéticas. No entanto, os alimentos que contém água além de estruturas metálicas podem interferir no desempenho das leituras a depender da tecnologia utilizada (PERIYASAMY; DHANASEKARAN, 2015) (QING; CHEN, 2007). Por outro lado, os métodos que utilizam processamento de imagem têm êxito em monitoramento de alimentos naturais como verduras e frutas (A.S, 2017), mas não há propostas que englobe processamento de imagem para produtos embalados, como leite, enlatados entre outros na literatura.

Apesar do grande número de estudos a cerca da IoT, as tecnologias e aplicações propostas não têm dado devida atenção aos aspectos de usabilidade e experiência do usuário, focando mais no ponto de vista técnico (KORESHOFF; ROBERTSON; LEONG, 2013). É necessário portanto, incluir no projeto de aplicações o conceito de interface humano e tecnologia.

Desse modo, tem-se como pergunta de pesquisa: “Como melhorar o modelo de geladeira comum que capture a interação com os usuários permitindo a estes experiências que facilitem o seu dia a dia na cozinha?”.

1.2 OBJETIVOS

Esta seção apresenta o objetivo geral e os objetivos específicos do trabalho.

1.2.1 Geral

Desenvolver um modelo de geladeira inteligente que facilite o dia a dia dos usuários a partir da análise das interações entre os mesmos.

1.2.2 Específicos

- Elaborar e desenvolver um projeto de leitura e monitoramento dos produtos contidos na geladeira.
- Implementar um sistema de análise das interações e recomendação de serviços.
- Elaborar um cenário que permita a avaliação do modelo proposto.
- Avaliar e discutir os resultados obtidos a partir do sistema proposto.

1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A Internet tem evoluído nas últimas décadas e impactado na economia mundial e no dia a dia das pessoas. Nos seus primeiros anos de existência, tinha como principal função o uso militar e acadêmico, como foco em troca de informações (LEINER et al., 2012). Contudo, anos mais tarde foi aberta para uso da população em geral permitindo, desse modo, que pessoas comuns tivessem acesso a rede. Hoje, cerca de metade da população mundial usam a Internet frequentemente (MINI WATTS MARKETING GROUP, 2016).

No cenário atual, um novo grupo está sendo conectado na Internet: "as coisas". Cria-se um novo paradigma, a Internet das Coisas, onde a rede não será mais utilizada apenas da maneira tradicional, como em um computador de mesa ou *smartphone* entre outros, mas por dispositivos que possuem acesso a redes e capacidades como sensoramento, atuação e comunicação com outros dispositivos. Muitos dos dispositivos serão versões conectadas dos objetos presentes no dia a dia, como televisão, fogão, geladeira, lâmpada e porta. Todos esses equipa-

mentos, operando em conjunto com a rede, criarão um ecossistema de objetos com funcionalidades inéditas.

Com a IoT estima-se que até 2020, cerca de 24 bilhões de dispositivos estejam conectados (MEOLA, 2016), garantindo espaço para inovação em produtos e serviços. Além disso, espera-se que a Internet das Coisas se torne um grande atrativo para o mercado. Estima-se que em 2025 sejam gerados em torno de 13 trilhões de dólares (citar).

A sociedade se beneficia com o desenvolvimento da Internet das Coisas. As soluções geradas considerando esse conceito trarão novas formas de interação entre as pessoas e os objetos que as cercam no cotidiano. Ambientes como casa, indústria e sala de aula terão a disposição novas formas de interação com esses a partir da tecnologia.

Tratando-se de uma casa inteligente, chamada também de *smart home*, os moradores tem a disposição conforto e comodidade em virtude dos objetos conectados presentes nela, entre eles a geladeira. Presente em grande parte dos lares, o refrigerador tem um papel fundamental na vida dos moradores. Os alimentos contidos nela devem ser bem conservados para o consumo. No entanto, produtos são esquecidos no seu interior e, por vezes, passam do prazo de validade. Além disso, seria muito cômodo aos usuários, dessa geladeira, estando em um supermercado e soubessem quais itens estão faltando ou vencidos, evitando assim compras em demasia ou modéstia. Apesar da facilidade na visita ao supermercado com uma lista em tempo real dos produtos necessários, seria ainda mais cômodo se o refrigerador, automaticamente realiza-se compras de itens essenciais como leite ou carne e o supermercado entregasse as compras em casa. Ainda que tais funcionalidades não sejam comuns, existem propostas de geladeiras inteligentes que as implementam. Contudo, não há abordagens em que se leve em conta os interesses do usuários como preferências em certos alimentos, horários em que o consumo é mais comum entre outros. Por isso, acredite-se que entender o comportamento do usuário com IoT pode melhorar o dia a dia deste.

Portanto, este trabalho trará como contribuição a melhora do modelo atual de geladeira inteligente que além das funcionalidades citadas, leve em conta os interesses e padrões de consumo de seus usuários.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

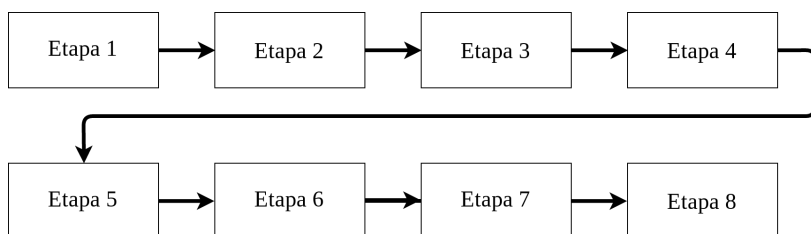
O método é a ordem que se deve impor aos diferentes procedimentos necessários para atingir um certo objetivo (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). Por meio destes procedimentos, a pesquisa caracteriza-se

como uma atividade voltada para a investigação de problemas teóricos ou práticos (MATIAS-PEREIRA, 2012).

Este trabalho pode ser caracterizado, quanto à sua finalidade, como uma pesquisa aplicada, visto que, conforme Matias-Pereira (2012), “os conhecimentos adquiridos são utilizados para aplicação prática e voltados para a solução de problemas concretos da vida moderna”. Quanto ao objeto, o projeto é descrito como uma pesquisa bibliográfica, já que é necessária para o levantamento do estado da arte do tema, fundamentação teórica e definição da contribuição do trabalho (MATIAS-PEREIRA, 2012). De acordo com a modalidade, a pesquisa se identifica como uma pesquisa tecnológica, onde será criado um artefato tecnológico, sendo este um protótipo de geladeira capaz de reconhecer as interações do usuário, realizar compras automáticas além de recomendações de outros produtos e receitas com base nas preferências do usuário.

A metodologia de desenvolvimento deste trabalho é dividida em 8 etapas, das quais, a ordem cronológica é apresentada na Figura 1.1.

Figura 1.1: Fluxo das Etapas do Trabalho



Fonte: Autor

A seguir, a sequência de etapas demonstradas anteriormente são especificadas em detalhes.

- Etapa 1: Análise e definição do escopo do trabalho.
- Etapa 2: Levantamento bibliográfico a cerca de Internet das Coisas e Sistemas de Recomendação;
- Etapa 3: Elaborar e desenvolver um projeto de leitura e monitoramento dos produtos contidos na geladeira.
- Etapa 4: Implementar um sistema de análise das interações e recomendação de serviços.
- Etapa 5: Desenvolvimento de um protótipo funcional que integre as Etapas 3 e 4.

- Etapa 6: Criação de um cenário de testes para avaliar o protótipo.
- Etapa 7: Avaliação e discussão dos resultados obtidos no cenário proposto.
- Etapa 8: Escrita do Trabalho de Conclusão de Curso.

1.5 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em seis capítulos. O **Capítulo 1** apresenta uma introdução do estado da arte das áreas envolvidas bem como a problemática do trabalho e os objetivos gerais e específicos.

O **Capítulo 2** trata da Internet das Coisas, no qual é feita uma revisão da arquitetura para organização dos diversos componentes, das tecnologias existentes que possibilitam o desenvolvimento de novos dispositivos e, por fim, uma descrição sobre alguns dos ambientes nos quais a Internet das Coisas será incorporada nos próximos anos.

O **Capítulo 3** é sobre Sistemas de Recomendação

O **Capítulo 4** é sobre o Sistema Proposto

O **Capítulo 5** é sobre o cronograma para a disciplina de TCC II.

2 INTERNET DAS COISAS

A tecnologia, com o passar dos anos, está cada vez mais presente nas indústrias, lares, comércios etc., ao mesmo tempo tornando-se indispensável para todas essas entidades. No entanto, nos últimos anos um novo paradigma está emergindo: a Internet das Coisas. A partir dela, a Internet vai deixar de existir como é vista hoje tornando, assim, onipresente (citar).

O conceito de Internet das Coisas (IoT) está relacionado à interconexão de objetos distintos através de uma rede, sendo esta, muitas vezes, a Internet. Desse modo, elementos do mundo real, que antes funcionavam de maneira independente ao meio aos quais estavam inseridos, são capazes de interagir com outros objetos à sua volta e, assim, trocar informações que possam ser relevantes permitindo a agregação de novas funcionalidades. Além disso, a IoT abre espaço para interação entre o mundo físico e o digital a partir de dispositivos capazes de capturar dados físicos no meio em que estão tais como, temperatura, distância etc., representá-los digitalmente e transmitir-los para outros dispositivos.

O termo “Internet das Coisas” foi citado pela primeira vez por Kevin Ashton, diretor executivo da AutoIDCentre do MIT, em 1999 enquanto realizava uma apresentação para promover a ideia do uso de Identificadores de Radio Frequência (RFID) na etiquetagem de produtos. O uso da tecnologia beneficiaria a logística da cadeia de produção (FINEP, 2015). Apesar de o termo IoT ter sido usado apenas em 1999, aplicações práticas da ideia já existiam anos antes. Um exemplo disso, é a torradeira que podia ser ligada e desligada via internet criada em 1990 (SURESH et al., 2014).

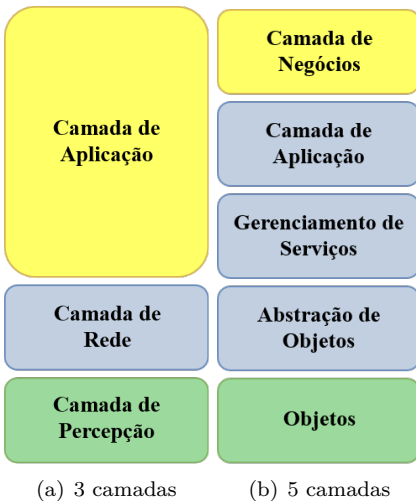
A Internet das Coisas está em grande expansão. Estima-se que em 2020 cerca de 24 bilhões de dispositivos IoT estejam conectados, implicando em cerca de quatro dispositivos por pessoa. Para tanto, em torno de 6 trilhões de dólares serão investidos em desenvolvimento de tecnologias de hardware e software, como aplicações, segurança e dispositivos de hardware. Apesar da grande quantia investida, o setor é visto como promissor. Estima-se será gerado em torno de 13 trilhões de dólares em 2025 (MEOLA, 2016).

2.1 ARQUITETURA

Segundo Al-Fuqaha et al. (2015), para que seja possível a Internet das Coisas, em meio ao grande número de objetos, são necessários seis elementos básicos: identificação de cada dispositivo na rede, sensoriamento sobre o ambiente, comunicação entre os dispositivos e a Internet, computação, serviços e semântica. As arquiteturas para Internet das Coisas, devem levar em conta esses pontos.

Ao longo dos últimos anos, alguns modelos de arquiteturas foram propostos no âmbito da Internet das Coisas. Al-Fuqaha et al. (2015) em seu trabalho, mostra algumas das arquiteturas mais comuns para IoT, entre elas, as que estão mostradas na Figura 2.1.

Figura 2.1: Arquiteturas para IoT



Fonte: Adaptado de Al-Fuqaha et al. (2015)

A arquitetura em três camadas pode ser definida como a base para dispositivos relacionados à IoT e envolve a percepção, a rede e a aplicação. A primeira camada compreende os objetos inteligentes dotados de sensoriamento e atuação sobre o ambiente, já a segunda se refere a infraestrutura de comunicação responsável por conectar os dispositivos entre si e com a Internet e, por fim, a camada de aplicação provê serviços, processamento e tomada de decisão.

Neste trabalho, será feito uso da arquitetura de cinco camadas,

sendo que a primeira camada é responsável por comportar os objetos dotados de sensoriamento e/ou atuação, pelos quais, interagem diretamente com o ambiente. Já a segunda camada, é responsável por transmitir de forma segura os dados provenientes da camada anterior. A camada de gerenciamento de serviços atua como intermediária entre requisitores de serviços e provedores, além de processar os dados da camada inferior e entregar devidos serviços de acordo com o necessário. O quarto nível interage diretamente com os usuários a partir do fornecimento de serviços como exibição de informações de sensoriamento, além do controle sobre atuadores. Já a última camada é responsável por gerenciar todas as atividades e serviços da IoT, além de possibilitar a tomada de decisão e análise de *big data* a partir dos dados provenientes da camada de aplicação (AL-FUQAHA et al., 2015).

2.2 TECNOLOGIAS

Para compreender melhor a funcionamento e a evolução da Internet das Coisas, é importante ter conhecimento e entendimento das tecnologias que dão base a ela. As principais tecnologias necessárias estão imersas nas camadas das arquiteturas expostas na seção anterior, ou seja, sensoriamento e atuação, redes e aplicação. A seguir, uma breve introdução em algumas das tecnologias é exposta.

2.2.1 Bluetooth

O Bluetooth é uma especificação de rede *Wireless Personal Area Network* (WPAN)¹, ou seja, rede sem-fio pessoal, sendo descrito e especificado pelo padrão definido pela *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE)², o IEEE 802.15.1. O Bluetooth foi criado na década de 90 com o objetivo de unir tecnologias distintas, tais como computadores, celulares entre outros a partir de uma padronização de comunicação sem fio entre os dispositivos (KARDACH, 2008). Uma das principais características dessa tecnologia *wireless* é o curto alcance de transmissão variando de centímetros até alguns metros (HUANG; RUDOLPH, 2007).

No IEEE 802.15.1 há suporte para criação de redes *ad-hoc*, aos quais, é desnecessário uma infraestrutura de rede para conexão dos dis-

¹Traduzido como: Rede Sem Fio de Área Pessoal.

²Traduzido como: Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos.

positivos. A partir disso é possível criar redes chamadas *picorredes*, nas quais os dispositivos são organizados em até oito associados, sendo um deles um mestre, ao qual coordena as operações, e os demais escravos (BLUETOOTH SIG, 2017c).

A tecnologia Bluetooth opera na *Industrial Scientific and Medical* (ISM)³ de 2.4 GHz de uso livre em modo *Time-Division Multiplexing* (TDM)⁴ com um delta de $625\mu\text{s}$, proporcionando uma taxa de transmissão máxima em torno de 2 Mb/s, podendo variar de acordo com o dispositivo e a categoria de tecnologia de Bluetooth utilizada (BLUETOOTH SIG, 2017c).

2.2.1.1 Categorias

Segundo BLUETOOTH SIG, o Bluetooth pode ser categorizado em:

(A) *Basic Rate/Enhanced Data Rate* (BR/EDR)⁵

Esta é a subdivisão mais popularizada do Bluetooth presente nas versões 2.0 e 2.1, onde as principais características são alta velocidade de transmissão alta, baixo alcance e necessidade de conexão através de pareamento, onde os dispositivos devem confirmar a conexão. A partir disso, há uma transmissão contínua de dados. Uma desvantagem é o consumo de energia considerável para o funcionamento do Bluetooth, já que há uma conexão contínua e uma taxa de transmissão que mantém o dispositivo ativo por um longo período ininterrupto. A taxa de transmissão gira em torno de 2Mb/s.

(B) *Bluetooth Low Energy* (BLE)⁶

O BLE é a mais recente categoria do Bluetooth incorporada na versão 4.0, em 2011, além de ser a menos comum (LABS, 2015). BLE está centrado no baixo consumo de energia para permitir que certos dispositivos não precisem recarregar ou trocar suas fontes de energia, geralmente baterias, por longos períodos, que podem chegar a anos. Para uma conexão para transmissão de dados, ao contrário do BR/EDR, não é necessário um pareamento para realizá-la, além disso esta tem curta duração, na ordem de

³Traduzido como: Industrial Científico e Médico.

⁴Traduzido como: Multiplexação por Divisão de Tempo.

⁵Traduzido como: Taxa Básica / Taxa de Dados Aprimorada.

⁶Traduzido como: Bluetooth de Baixo Consumo Energético.

milissegundos. Ademais, a taxa de dados é baixa e o alcance alto. A baixa taxa de dados decorre do modo de funcionamento dos dispositivos BLE, aos quais, enviam dados em rajadas, ou seja, de tempos em tempos dados são transmitidos em forma de *broadcast* e os dispositivos que estiverem conectados receberão esses dados. Nos intervalos de tempo em que o dispositivo não transmite, ele “dorme”, isto é, entra em modo de consumo mínimo a fim de poupar energia.

A aplicação prática dessas características está na IoT através de *beacons* e *wearables*, aos quais incorporam o BLE. Os beacons foram introduzidos pela *Apple* em conjunto com o iOS 7, com o nome de *iBeacon*, que permitia aos aplicativos possuírem senso de localização (APPLE, 2014). Com esses dispositivos é possível aprimorar a experiência do usuário em estabelecimentos como museus, supermercados, shoppings, estádios, através da identificação de contexto, na qual, com base na detecção de um beacon e da aproximação ou afastamento deste, uma aplicação móvel em um smartphone de um usuário pode exibir conteúdos, indicar promoções entre outros relacionados aquele dispositivo BLE.

(C) Dual-mode

Esta categoria se refere a dispositivos, como *smartphones* que precisam se conectar tanto com dispositivos BR/EDR, como fones de ouvido, e BLE, como *beacons* (BLUETOOTH SIG, 2017b).

2.2.1.2 Bluetooth 5.0

A versão 5.0 do Bluetooth foi lançada em dezembro de 2016 e trás consigo aprimoramentos em desempenho e segurança, garantindo duas vezes mais velocidade, quatro vezes mais alcance, oito vezes mais taxa de dados e, por fim, maior coexistência (BLUETOOTH SIG, 2017a).

Com a nova versão, veio a flexibilidade para construção de soluções baseadas em necessidade. Parâmetros como alcance, velocidade e segurança podem ser regulados para diversos objetivos a depender das aplicações (BLUETOOTH SIG, 2017a).

Algumas atualizações contribuem para a redução de interferência com outras tecnologias sem fio, dessa forma, proporciona melhor coexistência entre dispositivos Bluetooth e de outras tecnologias, dentro do cenário emergente da IoT (BLUETOOTH SIG, 2017a).

2.2.2 RFID

O protocolo de *Radio-Frequency IDentification* (RFID)⁷ é uma tecnologia de identificação automática, entre diversas outras como código de barras, cartão inteligente e procedimentos biométricos, no entanto se distingue pelo modo de funcionamento, ou seja, por ondas eletromagnéticas. Além disso, o RFID se destaca em relação às outras tecnologias no que se refere às influências externas no seu funcionamento, como sujeira, posição de leitura. Desse modo, não é necessário nem limpar ou reposicionar o dispositivo RFID para efetuar a leitura (FINKENZELLER, 2010).

No RFID, os dados são transmitidos através de ondas de rádio entre dois dispositivos: *transponder* ou *tag* e *leitor*. O transponder é localizado no objeto identificado, um produto, equipamento etc., e nele são mantidos os dados de identificação. Já o leitor é responsável pela leitura e escrita dos dados presentes no transponder (FINKENZELLER, 2010). Para a transmissão dos dados entre os dois dispositivos o leitor emite ondas de rádio na tag. Ao receber o estímulo, a tag responde com os dados contidos nela. Além disso, existem tags que utilizam a energia do campo eletromagnético gerado pelo leitor para seu funcionamento, sendo estas chamadas de *passivas*. Existem, também, aquelas que possuem uma fonte própria de energia e por isso são denominadas *ativas* (FINKENZELLER, 2010).

Uma das características mais importantes dos dispositivos RFID é a frequência de operação. Os dispositivos são classificados, de acordo com esse parâmetro, em três grupos:

- **LF (Baixa Frequência):** Entre 30kHz à 300kHz
- **HF (Alta Frequência):** Entre 3MHz à 30MHz
- **UHF (Ultra Alta Frequência):** Entre 300MHz a 3GHz.

É possível distinguir pelo alcance:

- **Long-range ou longo alcance:** maior que um metro
- **Remote-coupling ou ligação remota:** até um metro
- **Close-coupling ou ligação próxima:** até um centímetro

⁷Traduzido como: Identificação por Rádio Frequência.

2.2.3 NFC

O *Near Field Communication* (NFC)⁸ é um sistema de comunicação sem fio derivado do RFID. Ele permite transações simples e seguras entre dois dispositivos a partir da curta distância de operação, em torno de 4cm, e do funcionamento baseado em aproximação dos objetos em questão (NFC FORUM, 2016a). Assim, é possível realizar leituras de tags e obter conteúdos de acordo com a aplicação, transferir dados entre smartphones entre outras funcionalidades. Outra vantagem do NFC é a compatibilidade com a infraestrutura de cartões sem contato existentes permitindo usar um único dispositivo em tecnologias diferentes. Desse modo, é possível interagir com tags RFID, por exemplo.

Como o RFID, o NFC funciona através de ondas eletromagnéticas, mas com uma taxa de transmissão máxima de 424 kbps (NFC FORUM, 2016a). Além disso, pode operar em dois modos de comunicação: ativo e passivo (IGOE; COLEMAN; JEPSON, 2014). Assim como no RFID, é possível que os dispositivos NFC que contenham os dados usem a energia do leitor para transmitir seus dados, no modo passivo, ou usem uma fonte própria para tal procedimento, no modo ativo.

Outra característica importante no NFC são os modos de operação. De acordo com NFC Forum (2016a) existem três modos:

- **Leitor/Escritor de tag:** Tem por objetivo ligar o mundo físico ao digital através de aplicações que leem e/ou escrevem em tags para obter dados e, assim, fornecer conteúdo ao usuário relacionado à tag lida. Um exemplo é um smartphone ao ler uma tag NFC de um cartaz na rua.
- **Peer to Peer:** Visa conectar dispositivos por aproximação física e permite transferência de dados. Um exemplo é o Android Beam⁹ que permite troca de arquivos entre smartphones com o sistema operacional móvel da Google.
- **Emulação de cartão:** Conecta o dispositivo do usuário em uma infraestrutura possibilitando a simulação de um cartão, além da realização de transações financeiras e identificação no sistema de transporte a partir da aproximação do dispositivo a um leitor específico.

Há quatros tipos de tags definidas (NFC FORUM, 2016b), sendo

⁸Traduzido como: Comunicação por Campo de Proximidade.

⁹https://www.android.com/intl/pt-BR_br/

que todos operam no modo Leitor/Escritor descrito anteriorente :

- **Tipo 1:** 96 bytes de memória disponível e expansível para 2kiB. Usuário pode configurá-la para somente leitura.
- **Tipo 2:** 48 bytes de memória disponível e expansível para 2kiB. Usuário pode configurá-la para somente leitura.
- **Tipo 3:** Baseado no padrão industrial japonês e conhecido como FeliCa. Pode ser configuradas para leitura/escrita ou somente leitura na fabricação. A memória disponível varia, mas com um limite teórico de 1MiB.
- **Tipo 4:** A memória disponível varia estando acima de 35 kiB por serviço. É possível ser configurada para leitura/escrita ou somente leitura.

O NFC possui um padrão com o qual dispositivos devem estar formatados, o *NFC Data Exchange Format* (NDEF)¹⁰ (*NFC Data Exchange Format*) um formato comum de comunicação (IGOE; COLEMAN; JEPSON, 2014). Desse modo, os dados armazenados em tags devem estar gravados nesse formato. A partir do NDEF é possível armazenar e trocar documentos binários como Mime, que incluem imagens, arquivos *Portable Document Format* (PDF)¹¹ entre outros, *Uniform Resource Locator* (URL)¹², texto simples entre outros.

2.2.4 Zigbee

O Zigbee é um protocolo padrão de comunicação de baixa potência para redes sem-fio *mesh*, ao qual permite a diversos dispositivo trabalharem em conjunto (FALUDI, 2011). Além disso, é descrito como um conjunto de camadas implementadas sobre o IEEE 802.15.4 (FALUDI, 2011), ao qual especifica a camada física (PHY) e o controle de acesso ao meio (MAC) para redes sem-fio de baixa potência (IEEE, 2011).

As camadas do Zigbee, de acordo com Faludi (2011), fazem:

- **Roteamento:** Tabelas de roteamento que definem como um nó envia dados até um destino.
- **Rede Adhoc:** Criação automática de rede.

¹⁰Traduzido como: Formato de Troca de Dados por NFC.

¹¹Traduzido como: Formato de Documento Portátil.

¹²Traduzido como: Localização Uniforme de Recursos.

- **Self healing mesh:** Descobre se nós se perderam da rede e a re-configura para garantir uma rota para os dispositivos conectados ao nó faltantes.

O Zigbee opera na faixa não licenciada ISM, de 2,4GHz, o que permite sua expansão global e, assim, ser capaz de operar em qualquer local do mundo. Além disso, especifica que os nós das redes criadas possam assumir papéis específicos. Cada nó deve assumir uma das categorias a seguir (FALUDI, 2011):

- **Coordenador:** Responsável por criar a rede, distribuir endereços, manter a rede segura e em funcionamento entre outras funções. Por fim, cada rede tem um e apenas um coordenador.
- **Roteador:** Tem capacidade de unir redes existentes, enviar e receber informações e rotear informações, atuando como um intermediário entre dispositivos que, por estarem muito distantes entre si, não podem se comunicar diretamente. É permitido às redes terem múltiplos roteadores, podendo também não possuírem nenhum, no entanto no caso de existirem, cada roteador deve estar conectado a um coordenador ou outro roteador.
- **Dispositivo final:** É um tipo de nó capaz de se unir a redes e de enviar e receber informações da rede. Além disso, podem se desligar de tempos em tempos para poupar energia. Caso mensagens para um dispositivo final desligado sejam detectadas, o nó responsável por ele, podendo ser um coordenador ou roteador, armazena as mensagens até que o nó desperte.

Há diversas topologias suportadas, nas quais, englobam os três tipos de nós e suas possíveis maneiras de organização (FALUDI, 2011):

- **Par a par:** Uma rede formada apenas por dois nós, sendo um deles, obrigatoriamente, um coordenador e nó restante podendo ser um roteador ou dispositivo final.
- **Estrela:** Nessa topologia, o coordenador se situa no centro da rede e os demais nós, roteadores ou dispositivos finais, conectados apenas a ele, formando uma rede no formato de estrela.
- **Mesh:** Os dispositivos finais circundam os demais nós roteadores e coordenador. O coordenador e roteadores atuam como intermediários, roteando mensagens para dispositivos finais, outros roteadores ou para o coordenador. Apesar da nova função do coordenador, este permanece no controle e gerenciamento da rede.

- **Cluster tree:** Nessa topologia, cada roteador é responsável por um conjunto de dispositivos finais. As mensagens vindas desses dispositivos devem ser encaminhadas primeiramente para seu roteador responsável para então ser encaminhada ao destino na rede.

O Zigbee define três maneiras de identificação de nodos, que podem utilizadas em uma aplicação para diferenciar os nós.

- **64 bits:** Único e permanente para cada rádio fabricado.
- **16 bits:** Dinamicamente configurado pelo coordenador ao entrar em uma rede. É único apenas dentro do contexto da rede.
- **Node Id:** Pequena cadeia de texto. Não é possível garantir sua unicidade em nenhum contexto, apesar disso, é mais amigável aos olhos humanos.

2.2.5 Wi-Fi

Wi-Fi, é uma das diversas classes de *Wireless Local Area Network* (WLAN)¹³ normatizado pelo padrão IEEE 802.11, no qual foca nas camadas física e de enlace do modelo *Open System Interconnection* (OSI)¹⁴ (GAST, 2005). Além disso, há padrões específicos para o Wi-Fi, como o 802.11a, 802.11b e 802.11g, além da possibilidade de unir alguns de padrões para formar outros híbridos, como o 802.11a/g e 802.11a/b/g (KUROSE; ROSS, 2012).

Apesar da distinção, os padrões citados compartilham diversas características, como o protocolo de acesso ao meio, estrutura de quadros da camada de enlace, habilidade de reduzir a taxa de transmissão a fim de alcançar distâncias maiores. A principal diferença é vinculada à camada física.

Os padrões a, b e g são regulamentados de acordo com a Tabela 2.1, sendo que pode variar em diversos países.

Além dos três protocolos citados há outros mais recentes ou que estão em fase de criação. O protocolo 802.11n, por exemplo, criado em 2012, faz uso de múltiplas antenas e, além disso, permite atingir uma taxa de transmissão de centenas de megabits por segundo. (KUROSE; ROSS, 2012).

A arquitetura básica do IEEE 802.11, exposta na Figura 2.2, é formada por *Basic Service Set* (BSS)¹⁵ onde cada um é composto de

¹³Traduzido como: Rede Local Sem Fio.

¹⁴Traduzido como: Conexão de Sistema Aberta.

¹⁵Traduzido como: Conjunto Básicos de Serviço.

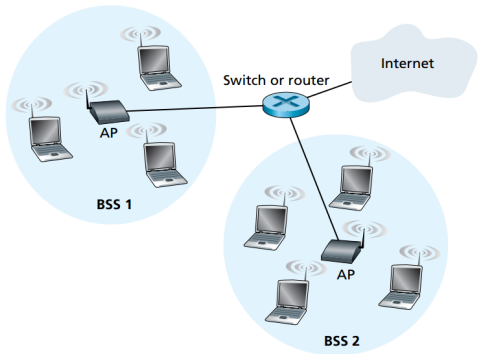
Tabela 2.1: Resumo dos protocolos 802.11

Padrão	Faixa de Frequências	Taxa de dados
802.11b	2,4 - 2,485 GHz	até 11 Mbps
802.11a	5,1 - 5,8 GHz	até 54 Mbps
802.11g	2,4 - 2,485 GHz	até 54 Mbps

Adaptado de: Kurose e Ross (2012)

um Ponto de Acesso (AP), um dispositivo para unir os conjuntos, sendo esse um roteador ou *switch*, responsável por ligar cada BSS à Internet e, por fim, os dispositivos que desejam se conectar a rede.

Figura 2.2: Arquitetura básica para o IEEE802.11.



Fonte: Kurose e Ross (2012).

O IEEE 802.11 suporta dois tipos de interconexão de dispositivos: *ad-hoc* e ponto de acesso com dispositivo. No primeiro caso, é possível interconectar dispositivos, como notebooks, sem a necessidade de uma infraestrutura de rede, no entanto com a impossibilidade de conexão com a Internet, apenas com os dispositivos na rede. Assim, é possível efetuar transferência de arquivos de maneira rápida e sem cabos. Além de redes *ad-hoc*, suporta conexões entre um ponto de acesso e um dispositivo para conexão com a Internet. Em diversos casos, o AP e o roteador estarão incorporados em um mesmo dispositivo (KUROSE; ROSS, 2012).

Existem algumas funcionalidades mais avançadas no IEEE 802.11. Uma delas se refere à possibilidade de se adaptar a taxa de dados a partir da escolha da técnica de modulação da camada física de acordo com

as características do canal. Há também a possibilidade de reduzir o consumo de energia a partir fazendo com que o nó em modo *sleep* por determinados períodos de tempo o que pode gerar uma economia de até 99% (KUROSE; ROSS, 2012).

No contexto da Internet das Coisas, o Wi-fi é fundamental na inserção de novos dispositivos conectados à Internet. O seu uso, consideravelmente difundido, facilitará o alcance de novos dispositivos à rede e propiciará o crescimento destes sem a necessidade da expansão da infraestrutura a cada novo objeto conectado (SURESH et al., 2014).

2.2.6 Outros

Entre as tecnologias utilizadas em Smart Homes está o Z-Wave, um protocolo sem fio focado em automação residencial e comercial de pequeno porte, criado pelo ZenSys e hoje representado pela Z-Wave Alliance (GOMEZ; PARADELLS, 2010). O protocolo foi desenvolvido especificamente para controle, monitoramento e verificação de estado. Em relação a aspectos técnicos, o Z-Wave opera na faixa de frequências em torno de 1GHz, o que evita interferências com outras tecnologias como Bluetooth e Wi-Fi que operam em 2,4GHz, em geral. Entre as principais vantagens do Z-Wave está a interoperabilidade que este proporciona entre os diversos produtos desenvolvidos com a tecnologia, além da segurança obtida a partir do uso de criptografia AES128 (Z-WAVE ALLIANCE, 2015).

Por outro lado, há a tendência de dispositivos IoT conectados à Internet usarem o protocolo de endereçamento IPv6 para serem identificados na rede. No entanto, algumas das aplicações terão limitações como fonte de energia e capacidade de transferências de dados limitadas. Como proposta de solução, tem-se o 6LoWPan, definido no RFC 6282 pela Internet Engineering Task Force (IETF) focado em dispositivos com restrições de consumo de energia (OLSSON, 2014). A principal característica desse protocolo é a redução da transmissão de dados a partir da compressão dos cabeçalhos do IPv6. Com isso, o 6LoWPan é capaz de reduzir a sobrecarga de pacote para dois bytes (AL-FUQAHA et al., 2015). As redes 6LoWPAN são conectadas às redes IPv6 a partir de roteadores de borda, capazes de trocar dados entre os dispositivos dentro da rede 6LoWPAN e a Internet e entre os dispositivos da rede além de ser responsáveis por manter a rede em funcionamento. Outra característica importante nesse padrão é que este torna possível implementar o IPv6 em redes IEEE 802.15.4 (OLSSON, 2014).

2.3 AMBIENTES INTELIGENTES

A Internet das Coisas trará tecnologia para ambientes e, assim, aprimorará as funcionalidades existentes além de trazer novas, proporcionando eficiência e qualidade. A seguir, alguns ambientes em destaque são expostos e como a Internet das Coisas atua nestes casos.

2.3.1 Smart grid

Na rede elétrica tradicional, a inteligência é concentrada nas unidades geradoras de energia e parcialmente nos distribuidores e o fluxo de energia é unidirecional, seguindo apenas um caminho entre a geração e o consumo. No entanto, com o aumento do uso de fontes próprias geração de energia como placas fotovoltaicas em residências, além do crescimento do consumo tem-se a necessidade de adaptação do modelo de rede elétrica existente. As *smart grids* surgiram, então, como novo modelo de geração e distribuição de energia elétrica, onde o fluxo de energia passa a ser bidirecional e o uso de tecnologias de medições de consumo permitem prever demandas, otimizar a distribuição e aprimorar a eficiência e a confiabilidade do sistema elétrico (CECILIA; SUDARSANAN, 2016). Portanto, a smart grid tenderá a ser um avanço do modelo atual com o uso de tecnologias de comunicação, sistema eletrônicos de potência avançados e de medição o que possibilitará monitoramento em tempo real, permitindo o fluxo de informações em ambos os sentidos entre consumidores e unidades geradores além da garantia de otimização do fluxo de energia.

2.3.2 Smart home

O conceito de *smart home* ou casa inteligente propõe um novo modelo para um ambiente domiciliar no qual a implementação e o uso da tecnologia abrem espaço para novas formas de interação com o lar, além de proporcionar mais comodidade e um melhor gerenciamento dos equipamentos presentes. Isso será possível graças ao uso de sensores e atuadores no ambiente, nos eletrodomésticos e utensílios. E, para interconectar todos os dispositivos, fará-se o uso das tecnologias de rede existentes, como o Zigbee e a Internet. Além disso, a interconexão dos dispositivos em uma casa inteligente proporcionará funcionalidades inéditas de interação de acordo com as ações do morador, como entrar

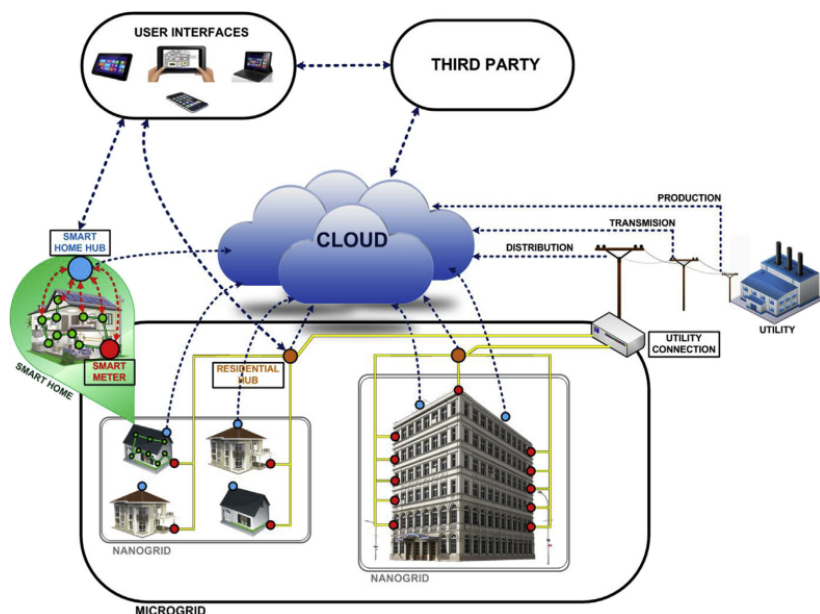
e sair de um cômodo da casa. Nesse caso, seria possível implementar um sistema que apagasse e acendesse a lâmpada conforme os sensores de presença indicarem a ausência do indivíduo e a hora do dia (SILVA et al., 2012).

Entre as apostas para as casas inteligentes está o aumento da eficiência do consumo energético. O uso da tecnologia por meio de medidores de energia, tomadas e aparelhos inteligentes permitirá o monitoramento e controle do consumo dos dispositivos da casa. Com base nisso, é viável a otimização do consumo de cada equipamento controlando-o para ativá-lo somente quando necessário e, assim, evitar desperdícios, além de previsão da demanda de energia para cada momento do dia (STOJKOSKA et al., 2017).

As casas inteligentes necessitam que os dispositivos sejam organizados hierarquicamente para garantir o bom desempenho dos componentes do sistema. Stojkoska et al. (2017) propõe um modelo, mostrado na Figura 2.3 para organização de casa inteligente que integra *smart grid* e envolve cinco componentes principais: a casa inteligente em si, a nuvem, unidade geradora de energia, aplicações de terceiros e interfaces de usuário. Nesse contexto, a casa inteligente contém redes de sensores sem fio que adquirem dados do ambiente e enviam esses dados para um *home hub*, um ponto central capaz de se conectar à uma rede externa. Já a unidade geradora de energia é responsável por, além da geração e fornecimento de energia, trocar informações sobre custo da energia, consumo atual e futuro da casa entre outros. A nuvem é responsável por armazenar todos os dados provenientes de sensores e outros dispositivos da casa e por comportar uma infraestrutura de processamento. A partir dos dados existentes na nuvem é possível que as aplicações de terceiros entreguem soluções web ou aplicações mobile para os usuários. Para obter acesso às soluções, o último componente é necessário, a interface de usuário. Nesse ponto, o usuário tem em mãos a capacidade de monitorar em tempo real os gastos de energia dos equipamentos de sua casa, bem como controlá-los de acordo com a sua necessidade e desejo.

Uma casa inteligente permite que os moradores tenham maior independência no seu dia a dia, especialmente em caso de pessoas idosas, com dificuldade de locomoção, além daquelas com deficiências físicas e visuais. No seu artigo, Silva et al. (2012) propõe um sistema que usa imagens de uma casa, capaz de detectar o dia a dia de uma pessoa idosa. É possível também identificar possíveis quedas e avisar o responsável ou ao atendimento médico. Apesar, da aplicação citada possuir um enfoque no morador, não há muitas propostas para casa inteligente

Figura 2.3: Modelo para casas inteligentes.



Fonte: Stojkoska et al. (2017).

com o foco nos usuários, no entanto, existem muitas que focam nos aspectos técnicos, como dispositivos, arquiteturas entre outros (WILSON; HARGREAVES; HAUXWELL-BALDWIN, 2015).

Em relação às tecnologias para desenvolvimento de aplicações e dispositivos para casas inteligentes, tem-se diversos sistemas sendo implementados. Entre eles está o projeto *Eclipse SmartHome* ¹⁶, ao qual disponibiliza aos desenvolvedores um *framework* para desenvolvimento de soluções casas inteligentes e ambientes assistidos destinadas a usuários finais.

A empresa *Amazon* ¹⁷ oferece o *Amazon Echo*, um dispositivo que dispõe de diversas funcionalidades multimídia, como reprodução de músicas através de controle por voz, além de oferecer informações como previsão do tempo, notícias, tráfego entre outros através do *Alexa Voice Service* (Serviço de Voz Alexa). É capaz de controlar a luz, tomadas e termostatos além de ser compatível com produtos de empresas, como

¹⁶<http://www.eclipse.org/smarthome>

¹⁷<https://www.amazon.com/>

SAMSUNG® ¹⁸, Philips® ¹⁹ entre outras, com foco em *smart homes* (AMAZON, 2017).

Seguindo a lógica das casas inteligentes, as *Smart Kitchens* ou cozinhas inteligentes promovem o aprimoramento dos dispositivos da cozinha com a inserção da tecnologia. A partir disso, utensílios como panelas, talheres entre outros poderão fazer uso de tecnologia para entregar novas funcionalidades (STÄNDER et al., 2012). Por exemplo, no caso das panelas, é possível colocar sensores de temperatura e câmera para determinar a temperatura atual e o estado atual do alimento que está sendo cozido. A partir disso, o sistema computacional presente na panela, processará os dados e fará uma comunicação com o fogão para ajustar a intensidade do fogo caso ainda não esteja pronto, ou simplesmente, desligar o fogo, caso o esteja.

2.3.3 Outros

Entre os ambientes inteligentes em expansão está a cidade inteligente ou *smart city*. Apesar de não ter uma definição conceitual clara (COCCHIA, 2014), no contexto da Internet das Coisas, a ideia principal por trás desse ambiente é trazer qualidade de vida aos cidadãos, crescimento sustentável e melhor uso de recursos públicos, aos quais são possíveis graças ao uso da IoT com foco no ambiente urbano. A Internet das Coisas, nesse contexto, permite uma melhor gerenciamento, otimização dos serviços públicos como transporte, iluminação, vigilância e manutenção de áreas públicas entre outros (ZANELLA et al., 2014).

Já no ambiente industrial, a Internet das Coisas em conjunto com sistemas interconectados promoverá a Indústria 4.0 também chamada quarta revolução industrial. Além disso, os sistemas cyber-físicos, aos quais podem ser definidos como sistemas que integram processos físicos, computacionais, de comunicação e de rede, integrados com a Indústria 4.0, poderão ser definidos como a *smart factory* ou fábrica inteligente (LEE, 2015). Por outro lado, a Indústria 4.0 é vista como possível solução para problemas atuais em indústrias como poluição, consumo de combustíveis fósseis entre outros. Para tanto o uso de tecnologias emergente para implementar IoT e serviços onde processos de engenharia e de negócios estarão integrados possibilitando produção com qualidade e baixo custo e que seja flexível, eficiente e sustentável

¹⁸<http://www.samsung.com/br/>

¹⁹<http://www.philips.com.br/>

(HUSSAIN, 2016).

2.4 DESAFIOS

Apesar dos avanços constantes, a área de Internet das Coisas terá de superar alguns desafios para que possa se expandir sem prejudicar o desempenho das aplicações e a experiência dos usuários. Esses desafios, segundo Hussain (2016), são a heterogeneidade dos dispositivos, a interoperabilidade, a escalabilidade, segurança, privacidade e Qualidade de Serviço (QoS).

O primeiro dos desafios, a heterogeneidade, se refere as diferenças de hardware e software dos dispositivos bem como seu propósito, como objetivos, plataforma de hardware, modos de interação, entre outros.

A Interoperabilidade diz respeito à capacidade de dispositivos, que usam diferentes tecnologias, poder interagir. Nesses casos é necessário um dispositivo que atue como mediador ao qual tem acesso a ambas tecnologias para que a troca de dados ocorra.

Outro grande desafio é a escalabilidade. As aplicações de IoT devem suportar o crescimento do número de dispositivos conectados, usuários, aplicações entre outros sem qualquer comprometimento da Qualidade de Serviço (QoS). Esse aumento em dispositivos e afins, deve ser refletida nos recursos que sustentam a IoT.

A segurança e privacidade, da mesma forma, requerem atenção. A restrição de recursos torna difícil proteger a informação, ainda assim é necessário garantir transações seguras e o não comprometimento dos dados do usuários. No entanto, os métodos tradicionais não podem ser utilizados, pois diferentes padrões estão envolvidos. Por outro lado, IoT implica em conexão global, ou seja, implica que qualquer indivíduo pode acessar externamente. Portanto, há a necessidade de novos mecanismo que garanta a segurança e privacidade e é importante que os desenvolvedores garantam esses requisitos em suas aplicações.

A Qualidade dos Serviços em IoT vem sendo estudado com frequência. Entre os principais desafios estão disponibilidade, confiabilidade, mobilidade, desempenho, escalabilidade entre outros. No entanto, nem toda a aplicação exige que os pontos citados sejam atendidos integralmente (HUSSAIN, 2016).

3 SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

3.1 HISTÓRICO

3.2 ABORDAGENS

3.2.1 Filtragem Colaborativa

3.2.2 Baseada em conteúdo

3.2.3 Híbrida

3.2.4 Baseada em conhecimento

3.3 APLICAÇÕES

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

REFERÊNCIAS

AL-FUQAHA, A. et al. Internet of things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), v. 17, n. 4, p. 2347–2376, Fourthquarter 2015. ISSN 1553-877X.

AMAZON. **Amazon Echo - Black**. 2017. Disponível em: <<https://www.amazon.com/Amazon-Echo-Bluetooth-Speaker-with-WiFi-Alexa/dp/B00X4WHP5E>>.

APPLE. **Getting Started with iBeacon**: Version 1.0. jun 2014. 1–11 p. Disponível em: <<https://developer.apple.com/ibeacon/Getting-Started-with-iBeacon.pdf>>.

A.S, S. Intelligent refrigerator using ARTIFICIAL INTELLIGENCE. In: **2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)**. IEEE, 2017. p. 464–468. ISBN 978-1-5090-2717-0. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7856036/>>.

ASANO, S.; YASHIRO, T.; SAKAMURA, K. Device Collaboration Framework in IoT-Aggregator for Realizing Smart Environment. In: **2016 TRON Symposium (TRONSHOW)**. Tokyo: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2016. p. 1–9. ISBN 9784893623249.

BLUETOOTH SIG. **Bluetooth 5**. 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification/bluetooth5>>.

BLUETOOTH SIG. **Bluetooth Core Specification**. 2017. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/specifications/bluetooth-core-specification>>. Acesso em: 09 de Abril de 2017.

BLUETOOTH SIG. **How It Works**: Bluetooth is the foundation for transformative wireless connectivity. jan 2017. 58–71 p. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/what-is-bluetooth-technology/how-it-works>>.

CECILIA, A. A.; SUDARSANAN, K. A survey on smart grid. In: **1st International Conference on Emerging Trends in Engineering, Technology and Science, ICETETS 2016 - Proceedings**. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–7. ISBN 9781467367257. ISSN 1553-877X.

CERVO, A.; BERVIAN, P.; SILVA, R. da. **Metodologia científica**. 6^a. ed. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2007. ISBN 9788576050476.

CHIANG, M.; ZHANG, T. Fog and IoT: An Overview of Research Opportunities. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 4662, n. c, p. 1–1, 2016. ISSN 2327-4662. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7498684>>.

COCCHIA, A. Smart and digital city: A systematic literature review. In: _____. **Smart City: How to Create Public and Economic Value with High Technology in Urban Space**. Cham: Springer International Publishing, 2014. p. 13–43. ISBN 978-3-319-06160-3. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-06160-3_2>.

FALUDI, R. **Building Wireless Sensor Networks: with ZigBee, XBee, Arduino, and Processing**. O'Reilly Media, 2011. 322 p. ISBN 9780596807733. Disponível em:

FERREIRA, J. et al. Recommender system for drivers of electric vehicles. In: **ICECT 2011 - 2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology**. [S.l.: s.n.], 2011. v. 5, p. 244–248. ISBN 9781424486779.

FILHO, F. M. F.; GEUS, P. L.; ALBUQUERQUE, J. P. Sistemas de Recomendação e Interação na Web Social. **I Workshop de Aspectos da Interação Humano-Computador na Web Social**, p. 24–27, 2008. Disponível em: <http://www.academia.edu/download/30832515/websocial_ihc08>

FINEP. Kevin Ashton – entrevista exclusiva com o criador do termo “Internet das Coisas”. jan 2015. Disponível em: <<http://finep.gov.br/noticias/todas-noticias/4446-kevin-ashton-entrevista-exclusiva-com-o-criador-do-termo-internet-das-coisas>>.

FINKENZELLER, K. **RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and near-Field Communication**. Wiley, 2010. ISSN 14337851. ISBN 9780470695067. Disponível em:

<<https://www.amazon.com/RFID-Handbook-Fundamentals-Identification-Communication-ebook/dp-/B005HF2GH8/%3FSubscriptionId/%3D0JYN1NVW651KCA56C102/%26tag%3D20/%26linkCode/%3Dxm2/%26camp/%3D2025/%26creative/%3D1659>>.

GAST, M. S. **802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, Second Edition**. O'Reilly Media, Inc., 2005. ISBN 0596100523. Disponível em: <http://www.ebook.de/de/product/3296194-/matthew_s_gast_802_11_wireless_networks_the_definitive_guide.html>.

GOMEZ, C.; PARADELLS, J. Wireless home automation networks: A survey of architectures and technologies. **IEEE Communications Magazine**, v. 48, n. 6, p. 92–101, June 2010. ISSN 0163-6804.

HACHANI, A. et al. RFID based smart fridge. In: **2016 8th IFIP International Conference on New Technologies, Mobility and Security (NTMS)**. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1109%2Fntms.2016.7792472>>.

HUANG, A. S.; RUDOLPH, L. Bluetooth Essentials for Programmers. In: **Cambridge University Press**. Cambridge University Press, 2007. p. 210. ISBN 978-1-139-46546-5. Disponível em: <https://books.google.com.ar/books?id=s_djgV7>.

HUSSAIN, M. I. Internet of things: challenges and research opportunities. **CSI Transactions on ICT**, Springer Nature, v. 5, n. 1, p. 87–95, dec 2016.

IEEE. **IEEE 802.15.4-2011**. IEEE, 2011. ISBN 0738166847. Disponível em: <<https://www.amazon.com/IEEE-802-15-4-2011/dp-/0738166847/%3FSubscriptionId/%3D0JYN1NVW651KCA56C102/%26tag%3D20/%26linkCode/%3Dxm2/%26camp/%3D2025/%26creative/%3D1659>>.

IGOE, T.; COLEMAN, D.; JEPSON, B. **Beginning NFC: Near Field Communication with Arduino, Android, and PhoneGap**. first. O'Reilly Media, Inc., 2014. 246 p. ISBN 978-1-4493-7206-4. Disponível em: <<http://shop.oreilly.com/product/0636920021193.do>>.

KARDACH, J. **Tech History: How Bluetooth got its name**. mar 2008. Disponível em: <http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1269737page_number=1>.

KORESHOFF, T. L.; ROBERTSON, T.; LEONG, T. W. Internet of things: a review of literature and products. In: **Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference on Augmentation, Application, Innovation, Collaboration - OzCHI '13**. New York, New York, USA: ACM Press, 2013. p. 335–344. ISBN 9781450325257. Disponível em:

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Computer Networking: A Top-Down Approach**. [S.l.]: Pearson, 2012. ISBN 978-0132856201.

LABS, I. L. **Bluetooth Vs. Bluetooth Low Energy: What's The Difference?** nov 2015. Disponível em:
<<https://www.link-labs.com/bluetooth-vs-bluetooth-low-energy/>>.

LEE, J. Smart factory systems. **Informatik-Spektrum**, Springer Nature, v. 38, n. 3, p. 230–235, may 2015.

LEINER, B. M. et al. **Brief History of the Internet**. 2012. Disponível em: <<http://www.internetsociety.org/internet/what-internet/history-internet/brief-history-internet>>.

MATIAS-PEREIRA, J. **Manual de metodologia da pesquisa científica**. 3. ed.. ed. [S.l.]: Atlas, 2012. ISBN 9788522458615.

MEOLA, A. **What is the Internet of Things ?** dec 2016. Disponível em: <<http://www.businessinsider.com/what-is-the-internet-of-things-definition-2016-8>>.

MINIWATTS MARKETING GROUP. **World Internet Users Statistics and 2016 World Population Stats**. 2016. 3 p. Disponível em: <<http://www.internetworldstats.com/stats.htm>>.

NFC FORUM. **About the Technology**: Nfc and contactless technologies. jan 2016. 1–2 p. Disponível em:
<<http://nfc-forum.org/what-is-nfc/about-the-technology/>>.

NFC FORUM. **Tag Type Technical Specifications**. jan 2016. Disponível em:
<<http://nfc-forum.org/our-work/specifications-and-application-documents/specifications/tag-type-technical-specifications/>>.

OLSSON, J. **6LoWPAN Overview**. 2014. Disponível em:
<<http://www.ti.com/lit/wp/swry013/swry013.pdf>>.

PERIYASAMY, M.; DHANASEKARAN, R. Evaluation of performance of uhf passive rfid system in metal and liquid environment. **2015 International Conference on Communication and Signal Processing, ICCSP 2015**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), p. 414–417, apr 2015.

QING, X.; CHEN, Z. N. Proximity effects of metallic environments on high frequency RFID reader antenna: Study and applications. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**, v. 55, n. 11 I, p. 3105–3111, 2007. ISSN 0018926X.

SILVA, L. C. D. et al. State of the art of smart homes. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, Elsevier, v. 25, n. 7, p. 1313–1321, oct 2012. ISSN 0952-1976. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095219761200098X>>.

STÄNDER, M. et al. A smart kitchen infrastructure. **Proceedings - 2012 IEEE International Symposium on Multimedia, ISM 2012**, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), p. 96–99, dec 2012.

STOJKOSKA, R. et al. A review of Internet of Things for smart home: Challenges and solutions. **Journal of Cleaner Production**, Elsevier Ltd, v. 140, p. 1454–1464, jan 2017. ISSN 09596526. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261631589X>>.

SURESH, P. et al. A state of the art review on the Internet of Things (IoT) history, technology and fields of deployment. In: **2014 International Conference on Science Engineering and Management Research (ICSEMR)**. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2014. p. 1–8. ISBN 978-1-4799-7613-3. ISSN 10952055. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7043637>>. Acesso em: 9 apr. 2017.

SYED, M. H.; FERNANDEZ, E. B.; ILYAS, M. A Pattern for Fog Computing. In: **Proceedings of the 10th Travelling Conference on Pattern Languages of Programs**. New York, NY, USA: ACM, 2016. (VikingPLoP '16), p. 1–10. ISBN 9781450342001. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3022636.3022649>>.

THOMAS, A.; SUJATHA, A. K. Comparative study of recommender systems. In: **2016 International Conference on Circuit, Power**

and Computing Technologies (ICCPCT). [s.n.], 2016. p. 1–6. ISBN 978-1-5090-1277-0. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7530304>>.

WILSON, C.; HARGREAVES, T.; HAUXWELL-BALDWIN, R. Smart homes and their users: a systematic analysis and key challenges. **Personal and Ubiquitous Computing**, Springer Nature, v. 19, n. 2, p. 463–476, sep 2015. ISSN 16174909.

YEUNG, K. F.; YANG, Y. A proactive personalized mobile news recommendation system. In: **Proceedings - 3rd International Conference on Developments in eSystems Engineering, DeSE 2010**. [S.l.: s.n.], 2010. p. 207–212. ISBN 9780769541600.

Z-WAVE ALLIANCE. **About Z-Wave Technology**. 2015. Disponível em: <http://z-wavealliance.org/about_z-wave_technology/>.

ZANELLA, A. et al. Internet of things for smart cities. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, n. 1, p. 22–32, Feb 2014. ISSN 2327-4662.