

Bárbara Conceição Cardoso Martins

Fundamentos da Internet das Coisas

São Cristóvão-SE, Brasil

Outubro de 2016

Bárbara Conceição Cardoso Martins

Fundamentos da Internet das Coisas

Trabalho de Conclusão de Curso I de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEL) da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduada em Engenharia Eletrônica.

Universidade Federal de Sergipe – UFS
Departamento de Engenharia Elétrica – DEL

Orientador: Antonio Ramirez Hidalgo

São Cristóvão-SE, Brasil

Outubro de 2016

Fundamentos da Internet das Coisas

Bárbara Conceição Cardoso Martins

Trabalho de Conclusão de Curso I de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica (DEL) da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Graduada em Engenharia Eletrônica. Examinado por:

Prof. Antonio Ramirez Hidalgo, D.Sc

Prof. Levi Pedro Barbosa de Oliveira, D.Sc

Prof. Janio Coutinho Canuto, D.Sc

São Cristóvão-SE, Brasil

Outubro de 2016

Resumo

A Internet das Coisas, ou Internet of Things (IoT), é apresentada como a evolução da Internet, de tal forma que a **iteração** homem-máquina deixa de ser o foco principal. Neste novo conceito, a internet passa a ser observada através da perspectiva máquina-máquina, tendo por objetivo a conexão entre objetos "inteligentes", capazes de se comunicar entre si e com o ambiente à sua volta. Uma vez conectados, os objetos formam sistemas autônomos capazes de proporcionar uma melhor qualidade de vida. Porém, desde que foi inicialmente idealizada, a Internet das Coisas apresenta problemas em sua implementação que ainda não permitiram a total disseminação desse novo conceito de Internet. Sendo assim, neste trabalho será feito um estudo sobre a arquitetura da Internet das Coisas, seus desafios e expectativas para o futuro. Além disso será proposto o desenvolvimento de um sistema inteligente baseado nos conceitos da IoT, que será capaz de controlar, a partir de dados sensoriais, a temperatura e iluminação de um determinado ambiente via WI-FI.

Palavras-Chave: Internet, IoT, Objetos, Inteligentes, Arquitetura, Desafios, Expectativas, Sistema, Temperatura, Iluminação, WI-FI.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Ilustração da Internet das Coisas. (DOUKAS, 2012)	2
Figura 2 – Conceito da Comunicação.	7
Figura 3 – Divisão da Arquitetura IoT em Ordem Decrescente. (WAKA, 2015) .	7
Figura 4 – Módulo RFID e sua antena	10
Figura 5 – Módulo de Comunicação Bluetooth	11
Figura 6 – Módulo de Comunicação Zigbee	11
Figura 7 – Módulo de Comunicação Wi-Fi	12
Figura 8 – Funcionamento Básico do Protocolo MQTT	14
Figura 9 – Diagrama de Bloco do Sistema	19

Lista de tabelas

Tabela 1 – Plataformas para Aplicação IoT.	15
Tabela 2 – Cronograma das Atividades Propostas.	26

Lista de abreviaturas

APP	Aplicativo
COAP	Constrained Application Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
IDE	Integrated Development Environment
IOT	Internet das Coisas
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport

Sumário

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	OBJETIVOS	3
1.2	Organização do Trabalho	3
1.3	Metodologia	3
2	INTERNET DAS COISAS	5
2.1	Cronograma de Evolução	5
2.2	Arquitetura da Internet das Coisas	6
2.2.1	Camada de Borda	8
2.2.2	Camada de Gateway de Acesso	8
2.2.3	Camada de Internet	8
2.2.4	Camada de Middleware	8
2.2.5	Camada de Aplicação	8
2.3	Tecnologias de Hardware da IoT	9
2.3.1	Sensores	9
2.3.2	Unidade de Processamento	9
2.3.3	Unidade de Comunicação	10
2.3.4	Fontes de Energia	13
2.4	Protocolos da Camada de Aplicação	13
2.5	Nuvem	14
2.6	Plataformas para IoT	14
2.7	Aplicações: A Internet das Coisas e a Indústria	15
2.8	Os Desafios da Internet das Coisas	17
2.9	Impactos e Expectativas da Internet das Coisas	17
3	ESTUDO DE CASO: SISTEMA PARA CONTROLE DE ILUMINAÇÃO E TEMPERATURA VIA INTERNET	19
3.1	Descrição do Sistema	19
3.2	Hardware	20
3.3	Software	21
3.3.1	Sistema do Microcontrolador	21
3.3.2	Plataforma	22
3.3.3	Aplicativo	22
4	CRONOGRAMA DE ATIVIDADES	25

REFERÊNCIAS	27
-----------------------	----

Capítulo 1

Introdução

Os avanços tecnológicos permitiram o acesso a informação de forma cada vez mais rápida e simplificada. Sendo assim, estar informado sobre tudo ao seu redor passou a ser uma necessidade do homem moderno. Saber por exemplo, a previsão do tempo antes de sair de casa, ou como estará o trânsito para assim definir sua melhor rota até ao trabalho, ou até mesmo a temperatura de um determinado ambiente, são informações hoje indispensáveis. Para isso, o avanço da internet foi, e tem sido, fundamental, pois é através dela que todo esse acesso é possível.

Com o surgimento da Internet das Coisas (IoT) essa realidade passa a ser um pouco diferente. Enquanto hoje a ideia principal é das pessoas se conectarem à rede mundial de computadores através de dispositivos tais como celulares, tablets, notebooks, etc; a IoT objetiva conectar os próprios aparelhos do cotidiano à essa rede, para que eles se conectem uns aos outros e assim obtenham as informações as quais precisamos no dia a dia, de forma completamente autônoma. Além de atuar, sempre que necessário, de acordo com as configurações do meio ao qual está inserido, sem qualquer interação humana, baseados exclusivamente nos dados armazenados ao longo de sua atuação.

Sendo assim, de acordo com (DOUKAS, 2012), pode-se afirmar que a IoT é uma revolução tecnológica onde o foco muda da interação homem-máquina e passa a ser observada da perspectiva máquina-máquina. Por exemplo, imagine os carros mais modernos que possuem sensores que determinam quão bem o carro está respondendo, tanto para o consumo de combustível quanto para a pressão dos pneus. O sistema do carro passa essas informações e você tem controle da situação. Agora imagine que esse mesmo carro fosse capaz de se conectar à internet, e via seu GPS conseguisse enviar dados da sua localização para a seguradora em caso de uma situação adversa, sem que você precise interagir. Neste momento, o carro possui um computador que não só capta dados, mas também é capaz de interagir com serviços externos de forma inteligente e autônoma.

Para que toda essa interação seja possível é necessário que dispositivos sensoriais

e atuadores sejam embarcados nos objetos físicos, e programados para agirem de acordo com a finalidade da aplicação de cada um desses. Nesse ponto, entende-se como “objeto” tudo que está à sua volta e que possa, mediante sensores, atuadores e microcontroladores, captar, processar, transmitir e armazenar dados, além de se adaptar e interagir com o meio à sua volta. Na figura 1 é possível observar uma representação de como a Internet das Coisas se organiza. Os dispositivos eletrônicos são aplicados ao ambiente **ao que se deseja conectar à internet**. Esses dispositivos enviam dados sobre o ambiente **para a internet**, então esses dados são analisados, e através de interfaces de comunicação são disponibilizados aos usuários para que possam observar e controlar os ambientes.

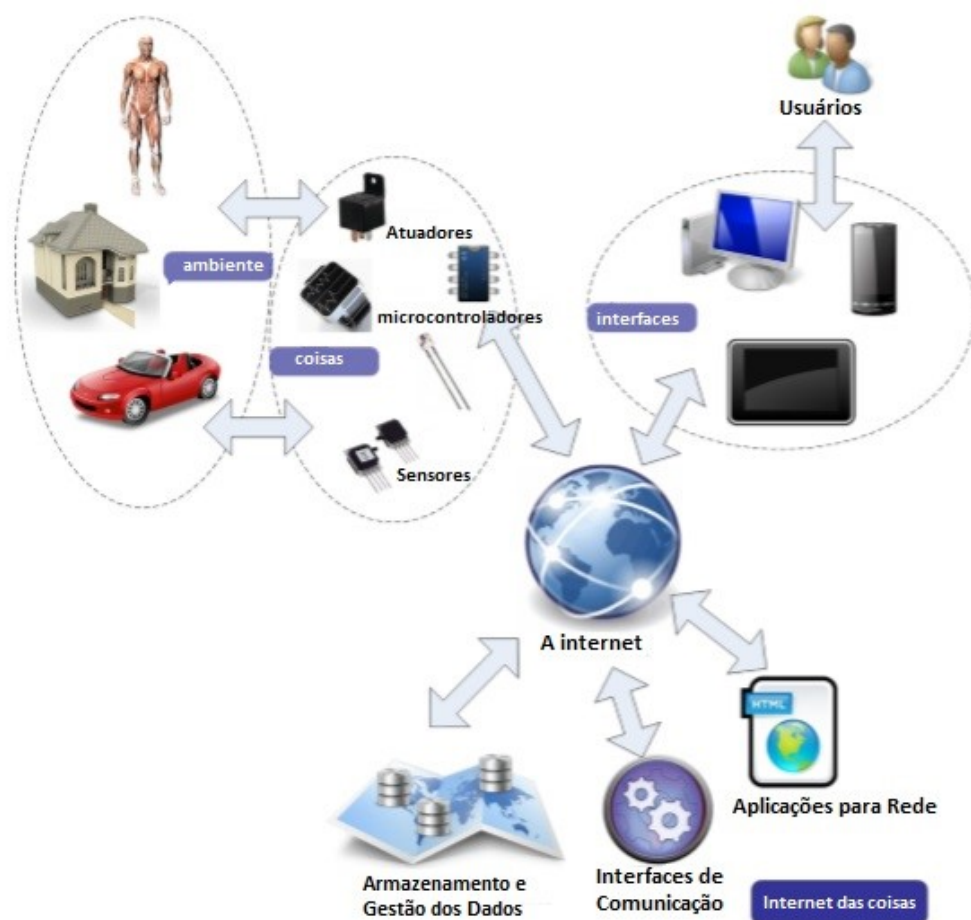


Figura 1 – Ilustração da Internet das Coisas. (DOUKAS, 2012)

São inúmeras as aplicações possíveis com a IoT, pode-se afirmar que estas estão limitadas à criatividade humana. Apesar de que ao pensar em Internet das Coisas, a ideia central refere-se a aplicações de cunho pessoal, limitado às rotinas diárias, esta tecnologia não se restringe a isso. A IoT, pode ser **muito bem** implementada em áreas **das mais diferentes possíveis**, como na indústria, na agricultura ou transporte. Inclusive na medicina a IoT pode ser amplamente aplicada, facilitando diagnósticos e tratamentos.

Entretanto, segundo (DOUKAS, 2012), a IoT ainda apresenta uma série de pro-

blemas e desafios a serem enfrentados para total disseminação desta tecnologia. A grande diversidade de hardware e software, por exemplo, dificulta o desenvolvimento de aplicações. Sendo assim, surgem diversas plataformas de comunicação que objetivam fazer a comunicação entre os diferentes tipos de dispositivos de um ambiente de forma transparente.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é compreender os fundamentos que constituem a IoT, explorando a estrutura e os componentes que a compõem. Além disso, tem por objetivo específico a realização de um estudo de caso para mostrar na prática um pouco do funcionamento da IoT.

1.2 Organização do Trabalho

O capítulo 1 faz uma introdução referente ao que será abordado neste TCC, o Capítulo 2 faz uma revisão sobre todo o conceito da IoT, nele explora em ordem cronológica os fatos mais relevantes acerca do assunto até os dias atuais. Neste capítulo também será visto como se estrutura a IoT, explorando cada uma das camadas que formam sua arquitetura. Além disso, serão relatados os principais componentes que fazem parte dessa nova tecnologia, bem como as suas plataformas de comunicação. Finalmente, o capítulo abordará as diversas aplicações onde a internet das Coisas pode ser implementada, os desafios, o impacto econômico e as expectativas para o futuro.

O Capítulo 3 refere-se ao estudo de caso. Nele será descrito a aplicação a ser desenvolvida, os materiais e métodos que se pretende utilizar. O Capítulo 4 descreve o cronograma do projeto tanto para o TCC I e TCC II. Nele estão organizadas as atividades que serão realizadas nos TCCs.

1.3 Metodologia

Para desenvolvimento deste TCC serão feitos estudos baseados em livros, artigos científicos, nas diferentes disciplinas do curso e pesquisa na internet que servirão de base para a melhor compreensão do tema. Além disso, será realizado um estudo de caso no qual será explorado na prática alguns dos fundamentos da Internet das Coisas. Neste estudo de caso será desenvolvido um sistema para controle de iluminação e temperatura de determinado ambiente interligado à internet por meio de um módulo wifi.

Para a realização do estudo de caso serão usados livros práticos tais como (SCHWARTZ, 2014) e (NORRIS, 2015), pesquisas na Internet e os conhecimentos adquiridos em várias disciplinas do curso. Para o desenvolvimento do mesmo será usada uma plataforma de hardware de fácil compreensão, versátil e amplamente acessível.

Capítulo 2

Internet das Coisas

Neste capítulo é feita uma revisão bibliográfica acerca do tema. Nele é descrito a evolução da Internet das Coisas, os desafios a serem enfrentados para que se consolide no meio tecnológico, as expectativas quanto ao futuro e algumas possíveis aplicações. Além disso, são apresentadas algumas das tecnologias, protocolos e plataformas que a compõem.

2.1 Cronograma de Evolução

O termo Internet das Coisas foi usado pela primeira vez em 1999 pelo pesquisador Kevin Ashton durante uma apresentação para difundir a então inovadora tecnologia de identificação por rádio frequência, popularmente conhecida como **RFID (Radio – Frequency Identification)**. Desde então o termo vem sendo amplamente usado para descrever sistemas nos quais objetos são conectados à internet **por meio de sensores**, proporcionando autonomia.

Apesar do termo ter surgido apenas em 1999, o conceito por traz dele já vinha sendo explorado há muito tempo. Em 1926, de acordo com (PRESS, 2014), o físico Nikola Tesla fez a seguinte declaração em uma entrevista à revista Colliers Magazine:

“Quando a comunicação sem fio for aplicada perfeitamente toda a terra será convertida em um enorme cérebro, que na verdade é, todas as coisas sendo partículas de um todo real e rítmico... e os instrumentos através dos quais seremos capazes de fazer isso serão incrivelmente simples em comparação com o nosso telefone atual. Um homem será capaz de transportar um no bolso do colete”.

Neste momento, Tesla visava o mundo completamente conectado, se tornando um só conjunto onde tudo pudesse ser visto como partícula deste, basicamente ele previa o que hoje nomeamos de Internet das Coisas.

Segundo (RIJMENAM, 2014), alguns anos após a esta declaração, objetos comuns

passaram a receber sensores capazes de aprimorar seu funcionamento, um exemplo disto foram os óculos desenvolvidos por Hubert Upton, em 1967, capaz de auxiliar na leitura labial através de um display de montagem.

Porém, foi apenas em 1974, com o surgimento da internet como conhecemos hoje, que a possibilidade de interconectividade entre os objetos, já prevista por Tesla, tornou-se viável. Sendo assim, a busca pela implantação de recursos adicionais aos objetos físicos aumentou.

Com o passar dos anos, os avanços nas pesquisas relacionadas ao conceito da Internet das Coisas e a evolução tecnológica, principalmente na área da eletrônica, que proporcionou sensores cada vez mais eficientes e menores, permitiram o desenvolvimento de grandes sistemas baseados nos conceitos da Internet das Coisas, mostrando ao mundo que é possível um ambiente conectado. Ainda de acordo com o (RIJMENAM, 2014), “A Casa do Futuro” projetada por Chriet Titulaer e construída em 1989, foi um desses sistemas. Uma casa inteligente, que tem por foco a interação homem máquina, através do reconhecimento de voz.

Em 1999, após o surgimento do termo Internet das Coisas, um grande interesse foi despertado sobre o assunto, o que fez com que empresas investissem bastante em pesquisas e desenvolvimento de dispositivos interconectados a internet. Apesar disso, nem todos esses dispositivos podem ser realmente classificados dentro do conceito de Internet das Coisas, isso porque nem todos são capazes de interagir com o meio a sua volta de forma autônoma.

Atualmente, mesmo com todos esses impecilhos, a Internet das Coisas ainda é vista como a internet do futuro. Embora inúmeras aplicações tenham surgido desde 1999, ainda não é possível conectar um grande número de dispositivos na rede mundial de internet. Para contornar esse problema, um investimento em um protocolo de internet com um número maior de endereços possíveis, o IPV6, tem sido o foco das pesquisas atuais. De acordo com especialistas, em 2030 haverá um grande número de objetos interagindo entre si através da internet. (PRESS, 2014)

2.2 Arquitetura da Internet das Coisas

Sendo a Internet das Coisas uma rede que objetiva conectar vários objetos físicos com funcionalidades diferentes num mesmo ambiente virtual, e ainda fazer com que estes objetos interajam entre si, podemos pensar na dificuldade que será conectá-los uma vez que cada objeto possui seu próprio padrão de conexão, principalmente quando se pensa no meio industrial. Afinal, imagine que cada empresa de máquinas industriais decide aderir a IoT em seus equipamentos, mas cada uma seguindo seus padrões. A IoT para o

ambiente industrial seria algo quase que impossível.

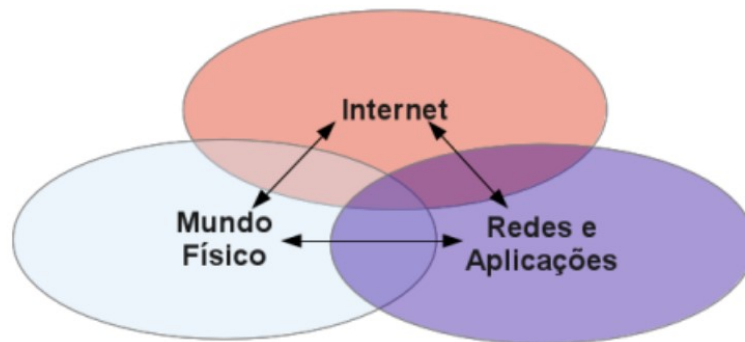


Figura 2 – Conceito da Comunicação.

A figura 2 mostra a interação existente na implementação da Internet das Coisas entre o mundo físico, virtual e a rede de comunicação. (SOUZA, 2015)

Diante desse meio heterogêneo, para que a implementação da IoT seja viável, é necessário que ela possua uma arquitetura muito bem estruturada, que vise toda essa variedade de protocolos e padrões. Diante disso, em (WAKA, 2015) foi apresentada uma divisão da arquitetura da IoT em 5 camadas: camada de aplicação, camada de middleware, camada de internet, camada de gateway de acesso e a camada de borda (Ver figura 3). Cada uma dessas camadas será melhor detalhada nos tópicos seguintes.

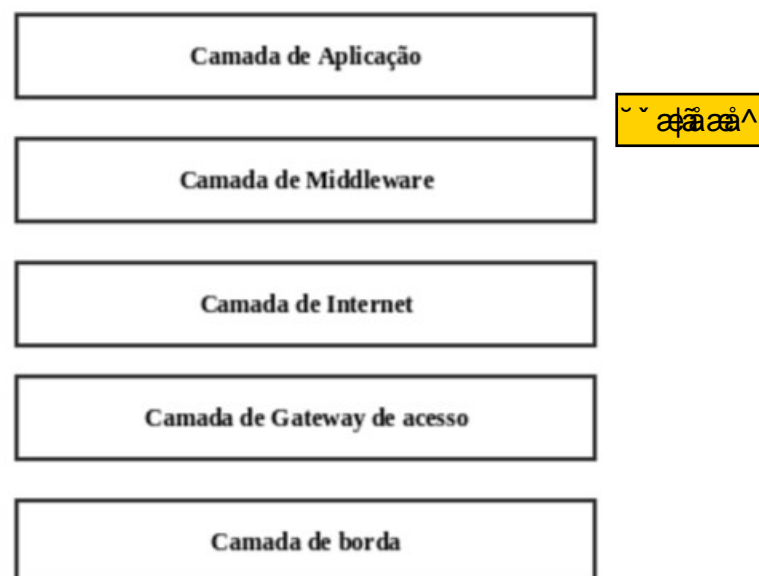


Figura 3 – Divisão da Arquitetura IoT em Ordem Decrescente. (WAKA, 2015)

2.2.1 Camada de Borda

A camada de borda, se comparada às camadas que compõem a internet convencional, poderia ser vista como a camada de nível mais baixo. Esta camada está em contato direto com a captação de informação que determinado objeto está designado a processar. Além disso, a camada de borda também é capaz de processar informação e dar suporte à comunicação. Sistemas embarcados, etiquetas RFID e sensores no geral são alguns dos hardwares que compõem esta camada. (ZARGHAMI, 2013)

2.2.2 Camada de Gateway de Acesso

A camada de gateway pode ser vista como aquela que possibilita na prática o uso de objetos com tecnologias de comunicação diferentes. Para tal, ela faz uma tradução da tecnologia que está sendo usada para os níveis de compreensão da Internet, e assim envia os dados obtidos para a camada imediatamente superior (Ver figura 3). Pensando do ponto de vista de redes de computadores, esta camada é considerada uma prestadora de serviço.

2.2.3 Camada de Internet

A camada de internet é a responsável por conectar os objetos à rede mundial, permitindo que estes interajam entre **sim** e/ou com o meio ao qual estão inseridos por meio de plataformas virtuais. (SANTOS, 2014)

2.2.4 Camada de Middleware

A camada de middleware é como se fosse um filtro final antes que as informações adquiridas pelo hardware sejam repassadas aos usuários por meio da camada de aplicação. Sua função é controlar e monitorar o estado dos dispositivos com a finalidade de se obter a melhor interoperabilidade, escalabilidade e mobilidade possível das partes envolvidas. (FERREIRA, 2014)

2.2.5 Camada de Aplicação

A camada de aplicação é a última antes da execução dos serviços que são providos pelos objetos físicos, ou seja, a camada mais próxima do usuário final. Nesta camada os dados provenientes da camada de middleware são processados e em seguida são prestados os serviços aos quais determinado objeto foi predisposto a realizar. É nesta camada que observa-se a Internet das Coisas tomando formas reais.

2.3 Tecnologias de Hardware da IoT

Para que a internet das coisas seja implementada é necessário a presença de certos dispositivos eletrônicos que tornem possível a execução dos seus conceitos.

Dentre os inúmeros dispositivos que podem ser agregados aos objetos, e que são capazes de juntos proporcionar a estes funcionalidades em meio virtual, os mais básicos são: sensores, unidades de processamento, unidades de comunicação e fontes de energia.

2.3.1 Sensores

A difusão dos sensores em meio à Internet das Coisas se deve ao fato de que estes dispositivos são facilmente manipulados e, por estarem cada vez menores, podem ser acoplados nos mais diferentes objetos sem maiores problemas. Além disso, os sensores normalmente consomem pouca energia.

Os dispositivos sensoriais são os componentes mais básicos da Internet das Coisas. Normalmente eles apresentam uma entrada analógica, ou seja eles são capazes de mensurar variáveis físicas, tais como pressão, temperatura e umidade, e em alguns casos converter essas informações em dados digitais.

2.3.2 Unidade de Processamento

Podemos dizer que uma unidade de processamento é um “computador”, com todas as partes que o compõem, tal como o processador, memória e periféricos de saída e entrada programáveis. A grande diferença é que quando se refere a Internet das Coisas, deve-se lembrar que objetos físicos já existentes farão uso de tais dispositivos e que a mobilidade dos mesmos é fundamental. Pensando assim, os computadores usados precisam ser pequenos, sendo necessário o uso de microcontroladores, que não passam de pequenos computadores produzidos em circuitos integrados.

A unidade de processamento tem por função receber os dados coletados pelos sensores, processá-los, tomar decisões localmente e enviar os dados processados para uma nuvem de dados online. Esta unidade é extremamente importante para aplicação de Internet das Coisas porque caso ela não existisse os sensores enviariam os dados coletados direto para a nuvem, repassando dados desnecessários uma vez que nem sempre haveria uma alteração nas condições do ambiente.

2.3.3 Unidade de Comunicação

Para que a comunicação aconteça, ou seja, as informações mensuradas sejam repassadas, é preciso que haja uma unidade de comunicação. Isto é, um dispositivo capaz de transformar dados reais em **linguagem de computador** para que tais dados possam ser enviados. Essa comunicação pode ser feita de duas formas diferentes: uma é usando um gateway, uma espécie de “ponte” capaz de fazer a comunicação entre dois componentes que não são diretamente compatíveis; e a outra é por meio do próprio objeto usado na implementação da IoT, desde que este possua um caminho de comunicação direto (pode ser via rádio) com a internet. (DOUKAS, 2012)

A capacidade de comunicação é um ponto crucial para a Internet das Coisas, porque é a partir dela que será definido a forma como os objetos irão se conectar, e o tipo de tecnologia usada para realizar essa conexão irá influenciar diretamente no consumo de energia dos objetos. Como vimos anteriormente, os dispositivos usados no sistemas inteligente normalmente são muito pequenos, não dispendo assim de grandes cargas de energia.

Diante dessa problemática, torna-se fundamental uma análise mais criteriosa no momento da definição de qual tecnologia de comunicação será aplicada, de acordo com a sua finalidade. Sendo assim, será feita a seguir uma breve análise sobre as principais tecnologias usadas, levando-se em consideração suas características mais relevantes.

- **RFID** (Radio Frequency Identification) (Figura 4) é a tecnologia de comunicação mais antiga, ela surgiu antes mesmo do termo Internet das Coisas ser amplamente usado. Foi desenvolvido para identificar e rastrear objetos através de pequenos chips eletrônicos chamados de etiquetas.

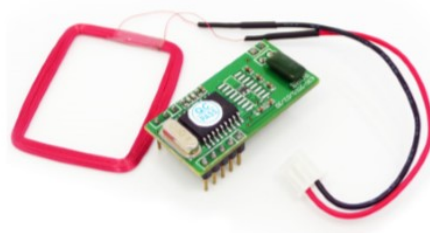


Figura 4 – Módulo RFID e sua antena

De acordo com (DOUKAS, 2012), as etiquetas RFID se dividem em três categorias que se diferenciam de acordo com a sua autonomia energética, são elas: i) passivas, não possuem baterias. Portanto só podem realizar transmissão de dados quando ligadas ao leitor, este proverá a energia necessária; ii) ativas, possuem sua própria bateria, o que permite dados serem enviados constantemente; e iii) ativas passivas,

essas possuem bateria própria mas só realizam a transmissão de dados quando ligada ao leitor. Essas etiquetas são relativamente simples, formadas por um módulo e uma antena. Devido a essa simplicidade e ao baixo custo, inicialmente tornou-se a tecnologia mais usada na comunicação entre os objetos.

- **Bluetooth** (Figura 5) é uma tecnologia voltada para transmissão de dados em pequenas distâncias, e é usada tanto em objetos fixos quanto nos móveis, a exemplo dos smartphones. O Bluetooth é normalmente aplicado na conexão de pequenos dispositivos devido a sua capacidade de automaticamente criar redes de troca de informações, e também por causa do seu baixo consumo de energia. Porém, para o conceito de IoT o Bluetooth apresenta um problema considerável: não é capaz de se conectar diretamente a Internet. Para isso, é preciso que haja um computador por exemplo, que funcione como um gateway para que a conexão possa ser efetuada.



Figura 5 – Módulo de Comunicação Bluetooth

- **Zigbee** (Figura 6) é uma tecnologia com baixo custo, com baixa vazão de dados e o mais importante com um baixo consumo de energia. Um dos grandes motivos para esse baixo consumo é porque o Zigbee permite que os dispositivos aos quais estão integrados entrem em modo de economia de energia por longos períodos, assim a bateria acaba sendo poupada. Esse padrão de comunicação opera em frequências pré-definidas, podendo estas serem de 2.4GHz ISM, 868 MHz ou 925 MHz ISM.



Figura 6 – Módulo de Comunicação Zigbee

Se comparado ao Bluetooth, o Zigbee apresenta algumas vantagens, tais como, uma melhor eficiência no consumo da energia e um raio de alcance maior, ponto muito

importante a ser considerado para a Internet das Coisas. Porém, assim como o Bluetooth, o Zigbee não se conecta diretamente à internet.

- **WI-FI** foi desenvolvido como alternativa para o padrão cabeado Ethernet, possui um elevado alcance de conexão e é a tecnologia de comunicação mais usada nos últimos tempos. Apesar dessa popularização, esta não é uma das tecnologias a serem amplamente aplicadas no desenvolvimento de objetos para a IoT, isso porque durante seu desenvolvimento não houve uma preocupação quanto ao consumo limitado de energia por parte dos dispositivos que a usariam. Fator que é crucial para a Internet das Coisas. Sendo uma ótima opção para as aplicações fixas, as quais podem ser ligadas diretamente em fonte de energia. Na figura 7 está um dos módulos existentes para aplicação desse tipo de comunicação.

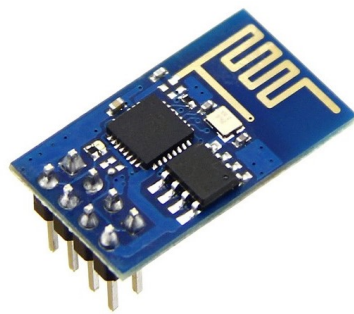


Figura 7 – Módulo de Comunicação Wi-Fi

- **Rede de Celular (3G/4G)** também é uma alternativa para a comunicação entre objetos, porém dentre as que já foram apresentadas esta é a menos eficiente para a Internet das Coisas. Apesar de seu alto alcance de conexão e de se conectar diretamente à internet, o consumo de energia é elevadíssimo, **basta pensar em como a bateria do seu celular descarrega mais rápido quando você está usando a internet.** Mas, é uma boa alternativa, financeiramente falando, para ambientes muito afastados e com baixa mobilidade. (SANTOS, 2014)

Analisando as tecnologias apresentadas, percebe-se que todas apresentam alguma dificuldade para ser implementada nas aplicações da Internet das Coisas, seja devido ao curto alcance ou ao consumo de energia elevado. Contudo a tecnologia Wi-Fi ainda pode ser vista como a mais propícia a ser implementada, uma vez que possui uma **alto poder de alcance** e já está popularizada, facilitando a conexão entre os mais diversos objetos. Mas para que seja realmente utilizada, serão necessários alguns estudos e avanços tecnológicos que propiciem um consumo de energia mais baixo.

2.3.4 Fontes de Energia

Dispositivos eletrônicos **em geral** precisam de fontes de energia para mantê-los operando por determinado tempo. Sendo os componentes que formam a base para a implementação dos conceitos de internet das coisas dispositivos eletrônicos pequenos, devido ao meio no qual serão inseridos, a fonte de energia por eles usadas também deve ser pequena. Devido a isso, são usadas baterias ou **fotocélulas** para alimentá-los. O problema é que, por serem tão pequenas, essas fontes de energia não permitem uma **longa duração** do funcionamento dos dispositivos. Por esse motivo, os **microcontroladores são programados para avisar aos usuários** quanto ao desempenho da bateria, assim é possível se programar para que não haja perdas na aquisição de dados. Uma outra forma de poupar energia é fazendo uso do modo **sleep** que alguns dispositivos oferecem, ou seja, programar os aparelhos para que em determinado período operem com o **mínimo energia** possível.

2.4 Protocolos da Camada de Aplicação

Existem diversos protocolos de aplicação que podem ser aplicados na IoT, dentre os mais usados estão: HTTP, CoAP e MQTT.

O HTTP foi desenvolvido para rede de computadores, e se comunica baseado no princípio requisição/resposta. Por ter sido projetado para comunicação entre computadores, esse protocolo apresenta algumas restrições no que se diz respeito à Internet das Coisas, uma vez que os dispositivos usados na IoT **apresentam baixo poder computacional** (SANTOS, 2014)

O CoAp foi desenvolvido para aplicações ponto a ponto, destinado à dispositivos que possuem restrições de memória e energia. Este protocolo divide-se em duas camadas: em uma é realizada os mecanismo de requisição/ resposta, enquanto na outra é detectada as mensagens duplicadas. Alguns dos seus benefícios são a confiabilidade e a fácil **iteração** com o protocolo de rede HTTP. (WAKA, 2015)

O MQTT é um protocolo simples e leve, sendo destinado a dispositivos com alto grau de limitação. Seu funcionamento baseia-se no princípio publish/subscribe (Ver Figura 8), ou seja, quando um dispositivo deseja obter alguma informação ele se subscreve a um broker (servidor virtual) fazendo uma requisição, então o broker “avisará” a este dispositivo quando a mensagem de interesse for publicada por outro dispositivo. (SANTOS, 2014)

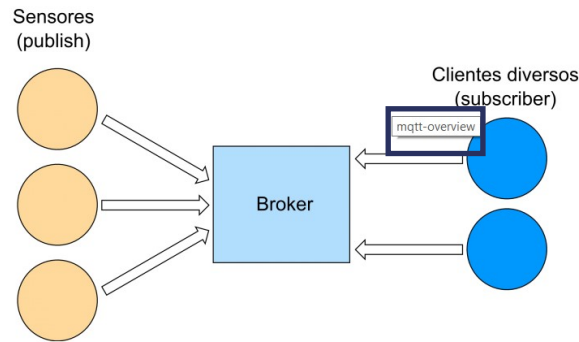


Figura 8 – Funcionamento Básico do Protocolo MQTT

2.5 Nuvem

De acordo com (TAURION, 2009), computação em nuvem é um termo para se descrever uma imensa rede de servidores, sejam eles físicos ou virtuais. Uma definição simples pode ser: “Um conjunto de recursos com capacidade de processamento, armazenamento, conectividade, plataformas, aplicações e serviços disponibilizados na internet”.

A computação em nuvem possibilita o usuário acessar determinadas informações e realizar tarefas online sem a necessidade de se instalar um aplicativo em seu computador. As principais características dos ambientes em nuvem são escalabilidade, elasticidade, tolerância a falhas e auto gerenciamento.

De forma geral, os ambientes disponibilizados em nuvem terão que apresentar uma capacidade de suportar um grande número de atualizações e análise de dados. Para a Internet das coisas o objetivo da nuvem é agregar os dados recebidos dos mais diferentes sensores que possam haver em um determinado sistema e realizar previsões. Em seguida, os dados devem ser armazenados por um longo período de tempo. (RADOVICI, 2016)

2.6 Plataformas para IoT

Devido ao alto grau de heterogeneidade tanto de dispositivos quanto de protocolos que compõem os ambientes voltados para a IoT, como explicado na seção 2.2 deste trabalho, surgem no mercado inúmeras plataformas destinadas às aplicações do tema que visam promover a interoperabilidades entre os dispositivos usados.

Segundo (SANTOS, 2014) “Tais plataformas são inseridas entre as aplicações e a infraestrutura (de comunicação, processamento e sensoramento) subjacente, provendo um meio padronizado para o acesso aos dados e serviços fornecidos pelos objetos através de uma interface de alto nível”. Porém até agora não há um padrão estabelecido para o desenvolvimento dessas plataformas, isso tem feito com que as mesmas apresentem

diferentes modelos de programação que nem sempre são compatíveis.

Na tabela 1, são apresentadas algumas das plataformas que mais se destacam atualmente e suas características básicas. Em sua maioria, a funcionalidade destas plataformas é baseada no modelo dos dados a serem coletados, uma vez que estes estão adequados ao sistema eles são armazenados.

Outros serviços significativamente importantes também são oferecidos por estas plataformas além do armazenamento, sendo eles: marcação de tempo dos dados recebidos, algum tipo de processamento, definição de regras para que uma atividade seja executada, entre outros. (WAKA, 2015)

Tabela 1 – Plataformas para Aplicação IoT.

Plataforma	Endereço	Descrição	Tipo de Conta
Carriots	carriots.com	Plataforma com foco empresarial. Provê serviços de gerenciamento e comunicação.	Conta gratuita mas com limitações.
Microsoft Azure IoT	microsoft.com/iot	Plataforma voltada para IoT com foco empresarial	Conta gratuita por um mês.
ThingSpeak	thingspeak.com	Plataforma robusta, com várias funcionalidades, como sensores públicos e busca por histórico.	Conta gratuita.
Cayenne	cayenne-mydevices.com	Plataforma voltada ao controle de dispositivos e integração via celular.	Possui conta gratuita.
Mosquitto	mosquitto.org	Plataforma em nuvem de fácil implementação.	Gratuita com biblioteca para C++

2.7 Aplicações: A Internet das Coisas e a Indústria

Depois das três revoluções industriais que marcaram o desenvolvimento da sociedade humana, alguns especialistas acreditam que estamos diante da mais nova revolução industrial, também chamada de Revolução 4.0.

Essa revolução nada mais é do que a aplicação da Internet das Coisas nos processos industriais. Nessa nova fase industrial que abrange as mais diversas áreas tais como manufatura, automotivo, transporte, produção de energia, setores como o da saúde, educação, transporte, dentre outros, o chão de fábrica passam a ter dispositivos inteligentes capazes de se comunicar entre eles e com as pessoas para melhor desenvolvimento do setor. Em outras palavras, o chão de fábrica deixa de ser o lugar onde o trabalho pesado é exclusivo.

Pensar em aplicações possíveis para a internet das Coisas é deixar a imaginação fluir, levando-se em conta apenas a limitação ainda existente quanto ao tamanho e alcance de dispositivos a serem usados, por exemplo. Apesar de que ainda a ideia central das aplicações que nos norteiam são de cunho pessoal, limitado às rotinas diárias, esta tecnologia definitivamente vai além desse limite. (GHAREGOZLOU, 2016)

Assim como numa casa, que possui sistema de controle do ambiente, é possível verificar temperatura, umidade e iluminação por meio de sensores, em um automóvel também é possível coletar dados importantes. Atualmente, por exemplo, já existem carros que são capazes de circular sem a necessidade de um humano operando, e é capaz de tomar ações corretivas baseadas nos dados obtidos pelo meio, tal como parar em um sinal, trocar de faixa, tudo isso baseado em sensores conectados à rede mundial de computadores.

Na medicina a prevenção de doenças deve ser o foco principal nos cuidados com a saúde, e a Internet das Coisas possibilita um melhor acompanhamento de pacientes para que estes não cheguem a sofrer grandes traumas. Como exposto em (PRESSER, 2012), com a Internet das Coisas é possível acompanhar o desempenho do paciente diariamente através de micro dispositivos acoplados ao seu corpo, e os dados coletados serem enviados em tempo real para uma central onde o médico pudesse avaliar. O próprio sistema pode ser programado para identificar qualquer atividade fora da normalidade, e assim acionar o socorro caso seja necessário.

Na agricultura conceitos da Internet das Coisas já são usados para monitorar as plantações 24 horas por dia e obter um melhor controle das mudanças climáticas. Já é possível em laboratório, por exemplo, máquinas realizarem o plantio e acompanhamento de plantações de maneira autônoma. Para tal, elas são conectadas à internet e, mediante cruzamento de dados, são capazes de tomar decisões.

Ainda de acordo com (PRESSER, 2012), na área da energia o desenvolvimento da Internet das Coisas também vem sendo bastante explorado. Podendo oferecer soluções para alguns dos problemas mais recorrentes, tais como a preocupação acerca da redução do consumo de energia. A iluminação pública é um exemplo disso, quando que a iluminação das ruas deve ser apagada? Pensando nisso, a Internet das Coisas pode ser uma alternativa não para apenas ligar e desligar as lâmpadas, mas para identificar a necessidade ou não de determinado objeto estar ligado. Um outro exemplo ligado à energia é como os painéis solares hoje instalados estão sendo monitorados. Eles possuem dispositivos conectados que enviam em tempo real para algum outro dispositivo, tal como um celular, o desempenho da placa solar.

2.8 Os Desafios da Internet das Coisas

À medida que o número de aplicações para a Internet das Coisas aumenta os desafios a serem enfrentados por ela também crescem. Sendo esta nova tecnologia voltada para a conexão e comunicação dos mais diversos objetos, nas mais diferentes áreas e implementados de formas diferentes, para finalidades diferentes, ela possui um ambiente altamente heterogêneo, difícil de ser interligado. Desta forma, não é incomum pensar que a Internet das coisas apresentaria uma série de desafios a serem enfrentados antes de conseguir se difundir completamente.

A definição de um padrão para o desenvolvimento de ambiente IoT é um dos grandes desafios a serem enfrentados. Apesar do alto interesse nessa nova era da internet, muitas empresas de tecnologia tem se fechado e buscado montar seu próprio ecossistema IoT, cada uma com seus próprios protocolos, tecnologias e padrão. Esse desenvolvimento particularizado inviabiliza o avanço da Internet das Coisas, sendo fundamental que as empresas de tecnologia entrem em acordo, e consequentemente sigam um padrão no qual todo e qualquer objeto seja capaz de interagir com o meio, como o IoT propõe.

Um outro problema a ser enfrentado é com a segurança em torno da internet das coisas, tanto em relação as pessoas, quantos as informações por ela transmitida. Afinal, a partir do momento que tudo está conectado, a quem pertence os dados? Essa é uma questão difícil de se resolver porque de um lado está a privacidade de usuários enquanto do outro encontram-se questões jurídicas. Se pensarmos que atualmente a privacidade e o meio jurídico tem sido de grande controversas, imagine em um tempo onde tudo esteja ligado à internet. Nesse ponto podemos nos questionar inclusive se ainda haveria privacidade. Essas questões acabam criando uma certa resistência para se aceitar esse novo jeito de usar a internet. (SANTOS, 2014)

2.9 Impactos e Expectativas da Internet das Coisas

Grandes empresas tem mostrado interesse no desenvolvimento dessa nova tecnologia que é a Internet das Coisas. A Huawei, uma empresa de telecomunicações chinesa por exemplo, tem colocado a Internet das Coisas como prioridade da empresa, e tem atingido grandes avanços em pesquisas. Desde o desenvolvimento de gateway mais eficientes à plataforma de gestão de conexão, a Huawei tem sido pioneira. Outras grandes empresas, como Google e Apple, também estão investindo na área.

Diante de tamanho interesse e popularização da IoT, questiona-se como que as empresas de modo geral irão se beneficiar dessa evolução tecnológica. Diferente do que se está acostumado, o foco agora é transformar dados físicos em digitais, e esse provavel-

mente terá um impacto direto no setor econômico das empresas. Com dados digitais, a empresa poderá ter um controle maior com relação às perdas desde a produção quanto à manutenção de seus produtos. **Imagine uma concessionária de energia capaz de gerenciar todo o seu processo de geração e distribuição de eletricidade.** Ela será capaz de prever com maior precisão problemas apresentados pelas redes, e medidas corretivas pouparão investimentos frequentes e desnecessários. (MANZANO, 2016)

Contudo, não é muito difícil concluir que com o desenvolvimento da IoT oportunidades de novas carreiras também surgirão. Ainda não é possível afirmar quais tipos de profissões podem surgir, devido à vasta possibilidade de aplicação, mas é certo que em algum momento a IoT proporcionará o surgimento de novos profissionais.

O que se observa é que a Internet das Coisas é uma revolução tecnológica capaz de causar transformação em todos os setores que nos cercam. É uma tecnologia, que assim como aconteceu com a própria internet que conhecemos hoje, irá impactar a sociedade moderna como um todo. (IDG, 2016)

A expectativa é que a Internet das Coisas cresça consideravelmente nos próximos anos. Espera-se que a IoT se torne uma rede com bilhões e até trilhões de objetos, pessoas e/ou processos conectados nos próximos anos. Uma pesquisa realizada pela Cisco, por exemplo, uma das maiores empresas de tecnologia do mundo, afirma que até 2020 serão 30 bilhões de objetos conectados através da Internet das Coisas, e serão 1,7 trilhões de dólares sendo movimentados direta ou indiretamente por essa tecnologia. Neste mesmo ano, espera-se que a Internet das Coisas represente 6% da economia global. (IEEE, 2016)

O número de investimentos e pesquisas aumentarão ao passo que novos benefícios e novas descobertas acerca da IoT sejam expostos ao mundo. Com isso a expectativa é que em algumas décadas a maioria dos objetos e sistemas que hoje usamos sejam compatíveis com as propostas da Internet das Coisas. Isso permitirá que a internet das coisas se integre ao dia a dia das pessoas de maneira imperceptível.

Capítulo 3

Estudo de caso: Sistema para Controle de Iluminação e Temperatura via Internet

Neste capítulo será especificado o estudo de caso proposto neste TCC como aplicação dos conceitos de Internet das Coisas que foram até então explorados. Inicialmente será descrito todo o funcionamento do sistema e seus propósitos. Em seguida serão expostos os componentes de hardware e software necessários para o desenvolvimento do mesmo.

3.1 Descrição do Sistema

A proposta do projeto é implementar um sistema para controle de iluminação e temperatura utilizando comunicação wifi. O diagrama em blocos do projeto proposto está exposto na figura 10.

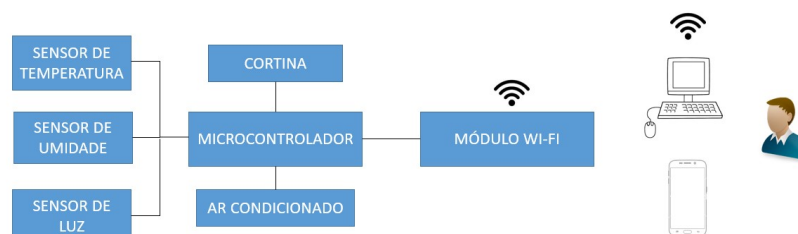


Figura 9 – Diagrama de Bloco do Sistema

Baseado nos conceitos de internet das coisas apresentados no capítulo 2, este estudo de caso terá como objetos uma cortina movida à motor e um ar condicionado. Esses objetos serão acoplados a uma unidade de processamento como mostra a figura 9.

A unidade de processamento estará recebendo e processando as informações coletadas pelos sensores ininterruptamente. Caso seja detectado alguma alteração no padrão dos dados, os mesmos precisarão ser enviado para um sistema online, e a unidade de processamento poderá atuar ou não sobre os objetos. A atuação dependerá da configuração previamente estabelecida pelo usuário.

O envio dos dados será feito através de uma unidade de comunicação que estará utilizando o protocolo wifi. Através dessa unidade de comunicação, os dados coletados pelos sensores serão encaminhados para um banco de dados online, onde serão agregados, analisados e armazenados na nuvem da rede mundial de computadores, como explicado na seção 2.3.3 deste TCC.

Na seção 2.6, foi discutida a necessidade de plataformas de aplicação para que os dados do sistema sejam expostos aos usuários de forma amigável. Sendo assim, neste projeto usaremos uma dessas plataformas (na nuvem) onde o usuário poderá acompanhar e controlar em tempo real o funcionamento do sistema.

Além disso, será desenvolvido um aplicativo em formato Android no qual as informações e opções de controle disponíveis na plataforma também estarão à disposição do usuário. Sendo assim, quando o usuário não tiver acesso à internet ele poderá usar o aplicativo para se comunicar com o sistema. Esse aplicativo estará em contato direto com a plataforma de aplicação, assim passará e receberá os dados necessários para a execução dos comandos desejados pelo usuário.

Contudo, o objetivo do projeto é coletar dados dos sensores (temperatura, umidade, luminosidade) para que o sistema seja capaz de ajustar a temperatura do ar condicionado e/ou a abertura da cortina do ambiente de acordo com um valor previamente estabelecido. Para tal, haverá um set point que determinará as condições ideais do ambiente. Este set point poderá ser alterado a qualquer momento pelo usuário através da plataforma ou aplicativo disponíveis.

Para melhor compreensão, o projeto será dividido em duas partes: na primeira serão expostos os componentes de hardware que serão utilizados durante a fase de desenvolvimento, enquanto na segunda será mostrado alguns dos principais open softwares disponíveis para aplicações da Internet das Coisas.

3.2 Hardware

Para o desenvolvimento da parte física do sistema os principais componentes de hardware a serem usados serão:

- LDR - Sensor de Luminosidade

- DHT11 – Sensor de Temperatura e Umidade
- Sistema microcontrolado
- ESP8266 – Módulo de Comunicação WiFi
- RTC DS1307 – relógio
- TIL32 - LED emissor IR

O LDR (Light Dependent Resistor) é um sensor de luz no qual há uma resistência inversamente dependente da quantidade de luz que incide sobre ele. Já o DHT11 possui uma medição de umidade do tipo resistiva e um componente para medição de temperatura NTC. Ambos apresentam uma resposta rápida, e serão conectados à um microcontrolador para o qual enviarão os dados coletados.

Existem vários tipos de microcontroladores no mercado atualmente, mas como foi dito na metodologia deste TCC, para a realização deste projeto será buscado uma plataforma de hardware de fácil compreensão, versátil e amplamente acessível, tal como o arduino. Que além de atender a essas características, é compatível com todos os protocolos que se pretende usar no projeto, especialmente com o protocolo de comunicação para o ar condicionado. Esse arduino estará conectado tanto aos sensores quanto aos objetos e ao módulo ESP8266. Esse módulo enviará os dados repassados pelo microcontrolador à nuvem, e esses estarão à disposição do usuário através de uma plataforma de comunicação.

Como permitir que o usuário controle a qualquer momento o sistema é um dos objetivos do sistema, pretende-se acoplar ao Arduino um RTC DS1307, que nada mais é que um dispositivo capaz de armazenar e fornecer informações sobre hora, data, mês ou ano. Isso permitirá definir o momento exato no qual o sistema entrará em funcionamento.

3.3 Software

Os principais softwares a serem usados são o do sistema no qual o microcontrolador será operado, a plataforma de aplicação e o software para o desenvolvimento do aplicativo.

3.3.1 Sistema do Microcontrolador

Sendo o Arduino o microcontrolador que se pretende utilizar, o software para programa-lo será seu próprio open source IDE, ou seja, seu ambiente de desenvolvimento integrado. O Arduino IDE é um sistema simples com editor de código, capaz de compilar e

carregar programas. Este sistema também será usado para configurar o módulo ESP8266. (ARDUINO, 2016)

3.3.2 Plataforma

Como foi visto na seção 2.6, existem diversos tipos de plataformas que se diferem de acordo com suas finalidades. Dentre todas aquelas expostas na tabela 1, as três mais usadas atualmente e que serão discutidas neste tópico são: ThingSpeak, Cayenne e Mosquitto.

A plataforma ThingSpeak é uma plataforma robusta, utilizada para coletar e armazenar dados em tempo real. Os dados podem ser exibidos em forma de gráficos, e esta plataforma pode facilmente interagir com o Matlab para que esses dados sejam analisados. Essa plataforma é gratuita e compatível com dispositivos como Arduino, Raspberry Pi, entre outros. (THINGSPEAK, 2016)

A plataforma Cayenne também é gratuita, e é capaz de conectar diferentes componentes de forma rápida e simples. Essa plataforma permite acessar o dispositivo de controle via Internet através de uma interface gráfica para computador, ou por meio de um aplicativo em seu smartphone. É possível configurar triggers para envios de alertas, inclusive usando os próprios sensores controlados pela Plataforma. (CAYENNE, 2016)

A plataforma Mosquitto, diferente das outras plataformas que utilizam como protocolo de comunicação o HTTP, usa como protocolo o MQTT. Essa plataforma é de fácil implementação e permite a utilização de um broker em nuvem. Também é uma plataforma gratuita e disponibiliza uma biblioteca funcional para programar em C++. (CORREA, 2016)

No TCC II será definido qual a melhor plataforma para a aplicação que será desenvolvida no estudo de caso.

3.3.3 Aplicativo

Para o desenvolvimento do aplicativo para o celular será usado uma ferramenta que permite desenvolver aplicativos através do próprio navegador web chamado App Inventor. Essa ferramenta é gratuita e foi desenvolvida para facilitar o desenvolvimento de aplicativos para iniciantes.

Esta ferramenta possui um editor de interface gráfica baseada em blocos, no qual basta arrastar os componentes desejados tais como botões, legendas e listas para as opções desejadas. É possível programar os blocos para executar tarefas através de um editor pré-programado.

O AppInventor baseia-se no funcionamento em nuvem, o que significa dizer que os dados não ficam armazenados no aparelho. (INVENTOR, 2016)

Capítulo 4

Cronograma de Atividades

Neste capítulo serão definidas as atividades a serem desenvolvidas durante a realização do projeto:

- **Atividade 1:** Revisão Bibliográfica sobre o tema;
- **Atividade 2:** Desenvolvimento do texto;
- **Atividade 3:** Definição do estudo de caso a ser realizado;
- **Atividade 4:** Pesquisa dos componentes e softwares;
- **Atividade 5:** Projeto do sistema IoT;
- **Atividade 6:** Apresentação a banca examinadora da primeira parte do projeto;
- **Atividade 7:** Construção da unidade de processamento;
- **Atividade 8:** Desenvolvimento do protocolo de comunicação ARDUINO IDE / Ar Condicionado;
- **Atividade 9:** Desenvolvimento do protocolo de comunicação ARDUINO IDE / ESP8266;
- **Atividade 10:** Escolha e desenvolvimento do protocolo de comunicação para a Internet das Coisas;
- **Atividade 11:** Escolha e desenvolvimento da plataforma do usuário;

- **Atividade 12:** Desenvolvimento do aplicativo Android;
- **Atividade 13:** Realizar testes e analisar resultados;
- **Atividade 14:** Apresentar o referido projeto à banca examinadora;

Tabela 2 – Cronograma das Atividades Propostas.

Atividade/Mês	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Atividade 1	R									
Atividade 2		R	R	R	R					
Atividade 3			R							
Atividade 4			R							
Atividade 5				R						
Atividade 6					R					
Atividade 7						X				
Atividade 8						X				
Atividade 9						X				
Atividade 10						X	X			
Atividade 11							X	X		
Atividade 12								X		
Atividade 13									X	X
Atividade 14										X

Legenda:

R – Atividade realizada

X – Atividade à desenvolver

Referências

ARDUINO. *Getting Started with Arduino*. 2016. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage>>. Acesso em: 18 Out 2016.

CAYENNE. *Cayenne*. 2016. Disponível em: <<http://www.cayenne-mydevices.com/>>. Acesso em: 10 Out 2016.

CORREA, P. R. *Simulação de Aplicações Utilizando o Protocolo de Comunicação MQTT com Aplicações em Ambientes Industriais*. 2016.

DOUKAS, C. *Building Internet of Things with the Arduino*. [S.l.: s.n.], 2012.

FERREIRA, H. G. C. *Arquitetura de Middleware para Internet das Coisas*. Dissertação de Mestrado, 2014.

GHAREGOZLOU, M. *A Abordagem Industrial para a Internet das Coisas*. 2016. Disponível em: <<http://ecommercenews.com.br/artigos/tendencias-artigos/a-abordagem-aberta-para-o-desenvolvimento-de-aplicacoes-para-a-internet-industrial-das-coisas-iiot>>. Acesso em: 24 ago 2016.

IDG. *Carreira: Habilidade Necessárias para Vencer no Mundo da IoT*. 2016. Disponível em: <<http://computerworld.com.br/carreira-habilidades-necessarias-para-vencer-no-mundo-da-iot>>. Acesso em: 24 Ago 2016.

IEEE. *The Future of IoT*. 2016. Disponível em: <<https://transmitter.ieee.org/the-future-of-iot/>>. Acesso em: 24 Ago 2016.

INVENTOR, M. A. *APP INVENTOR*. 2016. Disponível em: <<http://www.cayenne-mydevices.com/>>. Acesso em: 12 Out 2016.

MANZANO, H. *Como a Internet das Coisas Vai Revolucionar o Setor Financeiro*. 2016. Disponível em: <<http://computerworld.com.br/carreira-habilidades-necessarias-para-vencer-no-mundo-da-iot>>. Acesso em: 24 Ago 2016.

NORRIS, D. *The Internet of Things: Do-Itself Projects with Arduino, Raspberry Pi and BeagleBone Black*. [S.l.: s.n.], 2015.

PRESS, G. *A very short history of Internet of Things*. 2014. Disponível em: <<http://www.forbes.com/sites/gilpress/2014/06/18/a-very-short-history-of-the-internet-of-things/2/>>. Acesso em: 17 Ago 2016.

PRESSER, M. *Inspirando a Internet das Coisas*. 2012.

- RADOVICI, A. *Lecture 4: Introduction to IoT*. 2016. Disponível em: <<http://ocw.cs.pub.ro/courses/iot/courses/04>>. Acesso em: 30 Set 2016.
- RIJMENAM, M. V. *Where does the Internet of Things come from?* 2014. Disponível em: <<https://datafloq.com/read/where-does-the-internet-of-things-come-from/524>>. Acesso em: 17 Ago 2016.
- SANTOS, B. P. *Internet das Coisas: da Teorias à Prática*. 2014.
- SCHWARTZ, M. *Arduino Networking*. [S.l.: s.n.], 2014.
- SOUZA, A. M. da C. *Uma nova arquitetura para a Internet das Coisas com Análise e Reconhecimento de Padrões e Processamento com Big Data*. Tese de Doutorado, 2015.
- TAURION, C. *Cloud Computing - Computação em Nuvem*. [S.l.: s.n.], 2009.
- THINGSPEAK. *The open data platform for Internet of Things*. 2016. Disponível em: <<https://thingspeak.com/>>. Acesso em: 12 Out 2016.
- WAKA, G. Controle remoto de tomadas elétricas baseado no conceito da internet das coisas. 2015.
- ZARGHAMI, S. *Middleware for Internet of Things*. Dissertação de Mestrado, 2013.