

DOI: 10.5748/9788599693124-13CONTECSI/RF - 3654

A INTERNET DAS COISAS: CONCEITOS, APLICAÇÕES, DESAFIOS E TENDÊNCIAS.

Cláudio Roberto Magalhães Pessoa (Universidade Fumec, Minas Gerais, Brasil) – cpessoa@fumec.br

George Leal Jamil (IETEC, Minas Gerais, Brasil) – gljamil@gmail.com

Manuel Rocha Fiuza Branco Junior (Universidade Fumec, Minas Gerais, Brasil) – mfiuzajr@fumec.br

Colaboradores:

Thalita Bento da Silva (Universidade Fumec, Minas Gerais, Brasil) – thalitabento@yahoo.com.br

Mario Marcio Figueiredo Rosa (Universidade Fumec, Minas Gerais, Brasil) – mario.rosa89@gmail.com

Há uma forte tendência de que não apenas dispositivos específicos sejam conectados à Internet, mas qualquer utilitário ou aparelho. Os eletrodomésticos, de uso cotidiano, por exemplo, podem ter novas funcionalidades quando interconectados à rede mundial. A Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*) chegou, impulsionada por uma expansão da Internet em objetos físicos e fornecendo serviços mais inteligentes. Através do protocolo IPv6, ela pôde oferecer uma gama maior de serviços prestados e se tornou uma realidade promissora. Suas aplicações poderiam ser vistas no comércio, na indústria, nas cidades, na saúde, no campo, enfim em todas as “coisas”. Neste contexto, este trabalho tem por objetivo inicial analisar os conceitos e o que existe na prática a respeito desta tecnologia. Portanto, será apresentado nesse artigo uma visão geral sobre a IoT referenciando seus aspectos técnicos, as aplicações já realizadas e os desafios a serem enfrentados por esta tecnologia no dia-a-dia.

Palavras-chave: Internet das Coisas, RFID, IPv6, Internet.

INTERNET OF THINGS: CONCEPTS, APPLICATIONS, CHALLENGES AND TRENDS

There is a great trend that not only specific devices to be connected to the Internet, but anything or equipment. The home appliances, that we use day by day, for example, may have new forms of use when it is connected to the World Wide Web. The Internet of Things (IoT) arrived, driven by an expansion of the Internet in physical objects and providing smarter services. Through the IPv6 protocol it could provide a wider range of services and has become a very promising reality. Its applications could be seen in commerce, industry, cities, health, in the field, in short in all the "stuff". In this context, this work has the objective to analyze the initial concepts, and that has been in practice regarding this technology. Therefore, this article will be presented an overview of the IoT referencing its technical aspects, the applications already made and the challenges to be faced by this technology nowadays.

Keywords: Internet of things, RFID, IPv6, Internet

1. INTRODUÇÃO

Há alguns anos atrás, filmes futuristas hollywoodianos, ou até mesmo os desenhos animados como a família do futuro “Os Jetsons” exibido de 1962 a 1963 na TV americana apresentavam inovações que pareciam ser impossíveis e/ou inimagináveis. Em “Os Jetsons”, por exemplo, os personagens viviam em uma casa totalmente automatizada onde acionavam funcionalidades a partir de um simples toque de botões ou comando de voz. Hoje esta realidade já não está tão distante assim. Tudo isso será possível com a utilização da Internet das Coisas (IoT¹). Segundo Asensio et al (2014), as “coisas” devem ser consideradas no sentido mais amplo da palavra como entidades reais ou virtuais que existem e se desenvolvem em um contexto e tempo que têm identificadores unívocos. Por outro lado, a Internet, termo aplicado a eles, transmite a ideia de que todas estas coisas são fortemente conectadas e inter-relacionadas entre si.

Jara *et al.* (2014) afirma que a Internet das Coisas é composta dos chamados objetos inteligentes, ou seja, dispositivos físicos pequenos e altamente restritos em termos de capacidade de memória, capacidade de computação, autonomia energética e capacidade de comunicação. Ele afirma que o objetivo da Internet das Coisas é a integração e unificação de todos os sistemas de comunicação que nos cercam. Assim, os sistemas poderão obter um controle total e o acesso aos outros sistemas, a fim de proporcionar a comunicação e a computação ubíqua.

Esta pesquisa tem como objetivo principal analisar os conceitos da IoT e sua variedade de aplicações, que vão desde cuidados de saúde ao transporte, de logística a medidores e cidades inteligentes. Como objetivo específico, será analisado também, em uma visão geral, os aspectos técnicos da tecnologia como arquitetura, protocolos e principalmente os desafios a serem enfrentados pela mesma no dia-a-dia. Para tal, será utilizada a metodologia de análise de referencial teórico, principalmente de artigos acadêmicos e livros, que possibilitarão conhecer a tecnologia e conhecer os trabalhos já realizados até então.

2. EMBASAMENTO TEORICO

Para se entender melhor a IoT, é importante fazer uma análise da evolução do protocolo IP, que fez com que a implantação da tecnologia em um grande numero de equipamentos na rede fosse possível.

2.1 O IPv4

Os protocolos IP e TCP são os principais dentre um conjunto de protocolos que direcionam o funcionamento da Internet e, por esta razão, este conjunto de protocolos é conhecida como TCP/IP. O protocolo IP é importante por ser o responsável por endereçar e encaminhar os pacotes que trafegam pela rede mundial de computadores (MIRANDA, 2008).

A versão mais utilizada do protocolo, até então, é a versão 4, que possui 32 bits de endereçamento, o que possibilita aproximadamente quatro bilhões de endereços disponíveis para que dispositivos estejam diretamente conectados à Internet

¹ IoT - *Internet of Things* (Internet das Coisas).

(MIRANDA, 2008). Porém, estes IPs esgotaram-se devido ao grande número de dispositivos conectados a rede como computadores, servidores e smartphones. Demi Getschko, diretor-presidente do NIC.br², ressalta:

“É sempre válido salientar que nada de errado aconteceu com o IPv4. O esgotamento de endereços nessa versão do protocolo faz parte do crescimento da Internet, e no Brasil seu crescimento é notavelmente grande. Nesse momento, a preocupação principal é estimular a adoção do IPv6.” (NIC.br, 2014)

Porém, segundo Pessoa *et al.* (2015), as empresas ainda estão em um estágio inicial de migração e, na maioria das empresas pesquisadas, nada foi feito ainda.

2.2 O IPv6

A solução para o contínuo crescimento da rede é o uso do protocolo IP na versão 6 (IPv6). O IPv6 possui um número de endereçamento que, segundo Perini (2014), atenderá por muito tempo as necessidades da Internet. O IPv6 possui 128 bits no seu campo de endereço, o que acarreta $3,4 \times 10^{38}$ IPs, ou seja, possibilita alocar até 340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456 endereços únicos.

Segundo Anatel (2015), as prestadoras de telecomunicações estariam preparadas para disponibilizar endereços no protocolo IPv6 aos seus novos usuários a partir de 1º de julho de 2015. Para as interconexões e interligações (usuários corporativos), o novo protocolo já está disponível por parte de todas as prestadoras em seus principais pontos de troca de tráfego.

Porém a migração não é simples. Pessoa *et al.* (2013) mostra técnicas para adaptação (como pilha dupla e empacotamento dos dados) pois, enquanto ainda houver acesso sobre o conteúdo IPv4, este deverá coexistir por alguns anos, uma vez que os dois protocolos (IPv4 e IPv6) não são compatíveis.

É sabido que bilhões de pessoas dependem da Internet no dia a dia, para trabalho e negócios, e uma visão de longo prazo da Internet é integrar vários processos humanos, coisas. Portanto, torná-las acessíveis através da Internet é uma questão essencial.

Segundo Jara *et al.* (2014), esta nova concepção de estender a Internet para qualquer coisa relevante é viável graças à nova versão do Protocolo Internet (IPv6). O IPv6 amplia o espaço de endereçamento a fim de apoiar todos os dispositivos emergentes habilitados para uso da Internet.

Segundo Jara *et al.* (2012), o futuro da Internet emprega protocolos e tecnologias do IPv6, tais como IPv6 em baixa potência sobre redes locais pessoais (6LoWPAN³). Segundo os autores “a este respeito, o 6LoWPAN permite a extensão da Internet para pequenos e inteligentes dispositivos, tornando-se possível identificar e criar conexões entre as pessoas, dispositivos e as coisas que nos cercam”. Segundo Mashal *et al.* (2015),

² Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR - NIC.br foi criado para implementar as decisões e os projetos do Comitê Gestor da Internet no Brasil - CGI.br, que é o responsável por coordenar e integrar as iniciativas e serviços da Internet no País.

³ IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks

o 6LoWPAN permite que os sensores troquem informações de forma nativa e integrada com a Internet sem a necessidade de qualquer processamento extra.

Para Jara *et al.* (2014), o IPv6 é considerado a tecnologia mais adequada para a Internet das Coisas, uma vez que oferece escalabilidade, flexibilidade, rede ubíqua e conectividade fim-a-fim.

“Por essa razão, alguns esforços estão sendo realizados para fornecer mecanismos para permitir um endereço IPv6 para cada uma das coisas; variando de RFID’s⁴ e tecnologias legadas às tecnologias emergentes responsáveis para construir objetos inteligentes. Deste modo, a integração das redes multitecnologia em uma rede totalmente IP comum é atingido”. (JARA *et al.*, 2014)

3. METODOLOGIA

A escolha da metodologia torna-se fundamental no direcionamento de uma pesquisa. Neste estudo, utilizou-se de uma análise de referencial teórico que, de acordo com Gil (1991), são desenvolvidas a partir de material já elaborado, principalmente livros e artigos científicos.

O referencial teórico também permite verificar o estado do problema a ser pesquisado, sob o aspecto teórico e de outros estudos e pesquisas já realizados (LAKATOS; MARCONI, 2003).

Segundo Marion *et al.* (2002), “o referencial teórico deve conter um apanhado do que existe, de mais atual na abordagem do tema escolhido, mesmo que as teorias atuais não façam parte de suas escolhas.”

Para a realização da pesquisa, foram analisados artigos acadêmicos distribuídos da seguinte forma:

- 10 artigos das Revistas Qualis CAPES classificação A1:

- Acta biomaterialia;
- IEEE Communications Surveys and Tutorials; Future Generation Computer Systems;
- Journal of Telecommunications System & Management;
- Industrial Engineering & Management;
- Sensors;
- International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering;
- Ad Hoc Networks.

- 2 artigos das Revistas Qualis CAPES classificação A2:

- Computer Networks;
- International Journal of Distributed Sensor Networks.

- 1 artigo da Revista Qualis CAPES classificação B1:

- Journal of Network and Computer Applications.

⁴ *Radio-Frequency IDentification* é um método de identificação automática através de sinais de rádio, recuperando e armazenando dados remotamente através de dispositivos denominados etiquetas RFID

- 2 artigos da Revista Qualis CAPES classificação B2:

- International Journal of Distributed Sensor Networks (Online).

- 1 artigo da Revista Qualis CAPES classificação B4:

- Mobile Information Systems.

- 1 artigo da Revista Qualis CAPES classificação B5:

- International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.

- Livros:

- Livro: "Introdução à rede de computadores"- (MIRANDA, 2008);
- Ebook: Enabling Things to talk: Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model. Editora Springer Heidelberg, New York, Dordrecht London - (BASSI *et al.*, 2013);
- Livro : "Managing and Mining Sensor Data", p. 383–391- (AGGARWAL, 2013);
- Livro: "Interconnecting Smart Objects with IP - The Next Internet". Editora Elsevier Inc - (VASSEUR *et al.*, 2010).

- Artigos técnicos

- 8 artigos publicados em sites e revistas de referência em tecnologia e Inovação.

O objetivo da análise é apresentar uma visão geral de IoT, considerando seus aspectos técnicos, suas aplicações e os desafios a serem enfrentados por esta tecnologia, segundo estudos já realizados sobre o tema. Visando apresentar informações mais fidedignas, optou-se por analisar artigos de revistas Qualis, homologadas pela CAPES nas classificações A1, A2, B1, B2, B4 e B5 e completar esta análise com artigos técnicos e livros publicados sobre o tema.

Após análise, foram cruzadas as informações dos artigos apresentando em seguida as considerações mais importantes levantadas.

4. ANÁLISES**4.1 Conceitos técnicos de IoT**

Segundo Zaslavsky *et al.* (2013), o termo *Internet of Things* - IoT, foi cunhado por Kevin Ashton em uma apresentação em 1999. Como ele afirmou, "a Internet das Coisas tem o potencial de mudar o mundo, assim como a Internet fez, talvez até mais." A Internet das coisas desde então se tornou o foco de vários esforços de padrões de organizações, incluindo a União Internacional de Telecomunicações (UIT). A tecnologia permitirá formas até então desconhecidas e inimagináveis de colaboração, comunicação e interação entre as pessoas e as coisas e entre as próprias coisas.

Para Atzori *et al.* (2010), atualmente, a IoT vem ganhando grande destaque no cenário das telecomunicações e está sendo considerada a revolução tecnológica que representa o futuro da computação e comunicação.

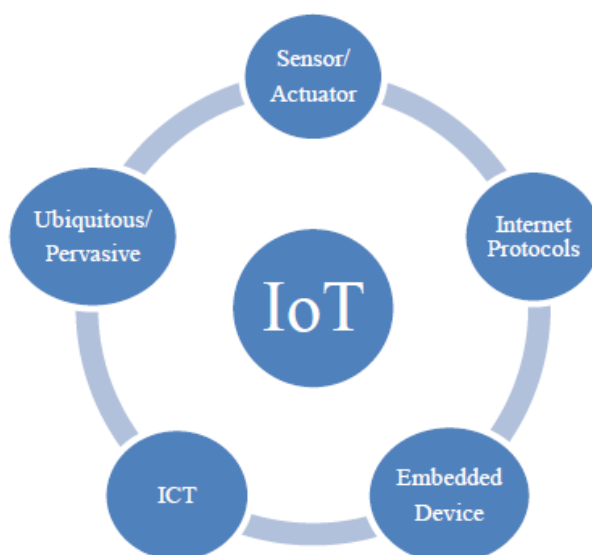
Vasseur *et al.* (2010) afirmam que para que a Internet das Coisas exista faz-se necessário a utilização dos objetos inteligentes, que por definição é um objeto equipado com uma forma de sensor, um pequeno microprocessador, um dispositivo de comunicação e uma fonte de energia. Assunto que será abordado em outros artigos dentro da linha de pesquisa em IoT, na Universidade FUMEC, por não fazer parte do objetivo deste trabalho.

A fim de apresentar uma visão geral dos conceitos técnicos de IoT foram abordados os seguintes tópicos: Arquitetura de IoT, Protocolos, Hardware, Mobilidade e Comunicações Wireless.

4.2 Arquitetura de IoT

Segundo Pandikumar *et al.* (2014), a arquitetura da IoT é uma convergência de várias tecnologias como: *Ubiquitous*⁵/computação pervasiva, sensores/atuadores, Tecnologias de Comunicação e Informação (ICT) e sistemas embarcados⁶ (Figura 1).

Figura 1- Arquitetura de IoT



Fonte: Pandikumar *et al.* (2014)

5 Computação Ubíqua defende a construção de sistemas distribuídos massivamente que ajudam a transformar os espaços físicos em ambientes de computação ativos e inteligentes.

6 Um dispositivo incorporado é um dispositivo altamente especializado destinado a um ou mais fins específicos e é normalmente incorporado ou incluído dentro de outro objeto ou como parte de um sistema maior.

Na arquitetura, sistemas embarcados e sensores/atuadores são os componentes físicos que estão diretamente interagindo com os usuários que, por sua vez, manipulam os dados através destes componentes. ICT, *ubiquitous*/computação pervasiva e protocolos de Internet são usados para criar uma comunicação entre os dispositivos e gerenciar as interações do usuário.

Ainda segundo Pandikumar *et al.* (2014), de acordo com a arquitetura de IoT os componentes são ainda classificados em três unidades funcionais:

- **Internet orientada:** Representa a Internet e suas tecnologias e age como um *Middleware*⁷ entre o usuário e as coisas inteligentes e por isso “é chamado de middleware inteligente”. O *Middleware* inteligente permitirá a criação de um mapa dinâmico do mundo real/físico dentro do espaço digital/virtual usando uma resolução temporal e espacial e combinando as características da rede de sensores *ubiquitous* e outras. Se refere também segundo Aggarwal (2013), a construção dos protocolos IP para permitir que objetos inteligentes sejam ligados à Internet.

- **Coisas orientadas:** São conhecidas como coisas inteligentes que representam sensores e atuadores que respondem a estímulos do ambiente de forma consistente.

- **Semântica orientada:** Aggarwal (2013) define que a semântica aborda as questões de gestão de dados que surgem no âmbito da vasta quantidade de informações que são trocadas pelos objetos inteligentes, e os recursos que estão disponíveis através da interface web.

4.3 Protocolos

Segundo Asensio *et al.* (2014), como parte da Internet, uma das necessidades básicas é o mecanismo de interação entre agentes, que deverá permitir conectividade e compreensão a fim de oferecer interoperabilidade. Para atingir este objetivo, diferentes protocolos estão sendo propostos para proporcionar uma conectividade eficiente, contínua e robusta, a saber:

a) CoAP (*Constrained Application Protocol*)

O CoAP é um protocolo web que roda sobre o protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) e é projetado principalmente para a Internet das coisas.

CoAP é uma variante do protocolo síncrono mais usado da web, o HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) e é adaptado para dispositivos restritos e comunicação máquina a máquina (CHAVAN *et al.*, 2014).

b) DTLS (*Datagram Transport Layer Security*)

O DTLS é um protocolo de segurança bem completo que pode realizar a autenticação, troca de chaves, e a proteção de aplicação dos dados com o chaveamento de materiais e algoritmos de codificação. Utilizando DTLS, pode-se

⁷ *Middleware* é uma camada de software ou um conjunto de subcamadas interpostas entre os níveis tecnológicos e a aplicação.

considerar que a segurança e a proteção para a Internet das coisas podem ser conseguidas (CHAVAN *et al.*, 2014).

c) 6LoWPAN (6 Low-power Wireless Personal Area Networks)

A interconexão entre os dispositivos pode ser feita por meio de redes pessoais sem fio, de baixa potência conforme definido no padrão IEEE 802.15.4 (2003) apud RFC⁸ 4919 (2007). Uma rede LoWPAN é uma rede de comunicação simples que permite conectividade sem fio para aplicações com limitações de potência e restrições de taxas de transmissão. A rede LoWPAN tipicamente inclui dispositivos que trabalham juntos para conectar o ambiente físico a aplicações do mundo real, como rede de sensores. LoWPAN possui conformidade com o padrão IEEE 802.15.4 (MONTENEGRO *et al.* 2007).

Segundo Chavan *et al.* (2014), estes protocolos podem ser implementados no ambiente de IoT contendo sensores inteligentes, dispositivos, smartphones, etc., com aplicação em tempo real.

4.4 Hardware

Um dos motivos da computação móvel estar se tornando cada vez mais disponível, sem dúvida, se deve ao fato dos preços de hardware estarem constantemente diminuindo. Projetos como *RaspberryPI*, *Arduino*, *Fritzing*, *Wiring* e *Waspmote* fornecem componentes de hardware modulares baratos que podem ser facilmente programados e configurados através de *Free and Open Source Software* (FOSS), em português, software livre e de código aberto. Para ilustrar esta realidade será apresentada no quadro 1, uma visão geral destes dispositivos designados para ser parte da IoT.

Quadro 1 – Tipos de hardware utilizados na IoT

Hardware	Descrição
<u>RaspberryPI</u>	<i>RaspberryPI</i> é um computador de baixo consumo de energia do tamanho de cartão de crédito que custa tão pouco quanto 25 euros. O dispositivo é fornecido com Distribuição <i>Linux</i> inteiramente caracterizado que contraria a noção tradicional de que os sistemas operacionais para redes sem fio são muito diferentes daqueles para computadores desktop/ laptop.
<u>Arduino</u>	Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica aberta com componentes que podem estender sua funcionalidade para monitorar o ambiente por parâmetros, tais como qualidade do ar, ruído, iluminação, temperatura. O hardware <i>Arduino</i> é consideravelmente menos computacional do que <i>RaspberryPI</i> . Placas <i>Arduino</i> podem ser ligadas a um <i>RaspberryPI</i> através de uma ponte de ligação de <i>Shields</i> ⁹ . Através dessa ligação, se pode usar qualquer um dos <i>shields</i> , placas e módulos projetados para <i>Arduino</i> em <i>RaspberryPI</i> .

⁸ RFC (acrônimo em inglês de *Request for Comments*) é um documento que descreve os padrões de cada protocolo da Internet previamente a serem considerados um padrão.

⁹ Placas que podem ser conectadas ao *Arduino* aumentando sua capacidade.

Waspnote	<i>Waspnote</i> é uma plataforma projetada explicitamente com a Internet das Coisas em mente. Focada na criação de nós de sensores com baixo consumo de energia, são capazes de trabalhar de forma independente por longo período de tempo (dentro de um período de um a cinco anos). O <i>Waspnote</i> reutiliza o mesmo ambiente de desenvolvimento do <i>Arduino</i> , de forma que o código desenvolvido para um nó <i>Arduino</i> também possa ser utilizado no dispositivo, com o mínimo de ajuste ou até nenhum. Existem, atualmente, mais de 60 sensores diferentes que podem ser ligados ao <i>Waspnote</i> .
Fritizing	Conforme informado no próprio site do fabricante, <i>Fritizing.org/home/</i> , é uma iniciativa de hardware <i>open-source</i> que realiza acessos eletrônicos como um material criativo para qualquer pessoa. Oferece ferramentas de software que permite aos usuários documentar seus protótipos, compartilhá-los, ensinar eletrônica em uma sala de aula e fabricar layout e PCB (<i>Printed circuit board</i> ou Placa de circuito impresso) profissionais.
Wiring	Também informado no site do próprio fabricante, <i>Wiring.org.co</i> , se refere a um quadro de programação de código aberto para microcontroladores. Permite escrever multiplataformas de software para controlar os dispositivos conectados a uma ampla gama de placas de microcontroladores para criar todos os tipos de codificação, objetos interativos, espaços ou experiências físicas.

Fonte: Adaptado Kotsev et al. (2015) Comunicação wireless

Segundo Kotsev *et al.* (2015), a evolução das redes sem fio tem sido impulsionada pela crescente demanda por conectividade pervasiva, como demonstrado pelo crescimento do tráfego de dados móveis em dez mil vezes e um aumento de cem vezes do número de dispositivos com capacidades de utilização da rede. Visando atender esta demanda será necessário combinar redes existentes com sistemas emergentes, tais como: redes de comunicação celulares (por exemplo, *Long Term Evolution* (LTE)) e *Wi-Fi*¹⁰, e ainda novas tecnologias desenvolvidas para atender os requisitos de qualidade de serviço.

Ainda segundo Kotsev *et al.* (2015), as Redes de Sensores Sem Fio (RSSF ou *WSNs*¹¹) são os principais componentes do paradigma emergente Internet das Coisas (IoT). Eles são agora *ubiquitous*, ou seja estão em todos os lugares, e são utilizados em uma pluralidade de domínios de aplicação. Os RSSFs são ainda de domínios específicos e geralmente implantados para suportar um aplicativo específico. No entanto, os autores afirmam que como os nós "WSNs estão se tornando mais e mais poderosos; eles estão ficando mais pertinentes para pesquisar como múltiplas aplicações poderiam compartilhar a mesma infraestrutura WSN". A virtualização é uma tecnologia que pode potencialmente permitir esta partilha.

Kadlec *et al.* (2014) afirmam que a *Radio Frequency Identification* (RFID) é uma tecnologia para a Internet das Coisas e pode ser utilizado para identificar e controlar seus equipamentos. Segundo eles, a tecnologia é interessante para identificação dos objetivos de desenvolvimento, devido aos seus parâmetros típicos como a leitura sem fios, leitura rápida de numerosas etiquetas de identificação de uma só vez e a possibilidade de ter etiquetas passivas sem fonte de energia interna. Inclusive, se os

¹⁰ WiFi é uma abreviação para *Wireless Fidelity*. Geralmente, *Wi-Fi* refere-se a qualquer tipo de Rede sem fio Local (WLAN) que utiliza o padrão IEEE 802.11.

¹¹ *Wireless Sensor Network*

objetos estiverem equipados com identificadores, poderão ser gerenciados e inventariados automaticamente, sendo possível assim controlar o caminho de transporte destes produtos.

4.5 Mobilidade

A mobilidade nos dias de hoje está chegando a tal ponto que é possível, através de um *Smartphone*, conectar-se a rede *wireless* de empresas e no momento seguinte, ao sair do local, trocar a conexão pela rede 3G/4G da operadora de telefonia, de forma transparente para o usuário. Porém, esta migração de rede traz consigo o problema da mudança de endereço IP do dispositivo móvel, consequentemente gerando possíveis quebras (e até mesmo queda) da conexão. Com o uso do protocolo IPv6 isso acontecerá de forma diferente pois o equipamento mudará de rede preservando o endereço que está utilizando, evitando que as conexões sejam perdidas (OLONCA, 2014).

De acordo com IPv6 do PoP-BA (2006), para evitar estas quebras, utiliza-se um método que consiste, basicamente, em todo *host* móvel possuir um endereço fixo em sua rede local original, conhecido como *home address*. Ao se autoconfigurar em uma rede qualquer, o *host* móvel envia uma mensagem a sua rede local “avisando” seu novo endereço na rede na qual está como visitante. Deste modo, todos os pacotes destinados ao seu endereço original serão roteados para o seu endereço visitante, permitindo assim a recepção de pacotes de forma transparente.

O protocolo que permite essa mobilidade é o MIPv6 (*Mobile IPv6*) estabelecido pela RFC 2002, e que, conforme Perkins (1996), foi desenvolvido como um subconjunto do IPv6 para dar suporte a conexões móveis. O MIPv6 facilita o movimento do nó de uma rede do tipo *Ethernet* para outra do mesmo tipo assim como o movimento de uma rede *Ethernet* para uma célula de *Wireless LAN*.

5. O QUE ESTÁ SENDO CRIADO PARA IoT

Segundo Zambarda (2014), a Internet das Coisas se refere a uma revolução tecnológica que em breve conectará equipamentos como eletrodomésticos, meios de transporte, roupas e maçanetas à Internet e a outros dispositivos, como computadores e smartphones. Enfim, a Internet tornou-se parte fundamental da sociedade. É provável um futuro em que a rede e os computadores sejam invisíveis. Estarão tão integrados ao dia a dia das pessoas, disfarçados nos objetos do cotidiano, que não serão perceptíveis (MOREIRAS, 2014).

Logo, devido a importância da IoT, o Conselho Nacional de Inteligência dos EUA (NIC) a considera como uma das seis tecnologias civis mais promissoras e que mais impactarão a nação no futuro próximo. O NIC (2008) prevê que em 2025 todos os objetos do cotidiano (por exemplo, embalagens de alimento, documentos e móveis) estarão conectados à Internet.

Pela primeira vez, em recente evento, a CES¹² 2015 (*Consumer Electronics Show*), ofereceu-se ao público um pouco do que há de tecnologia dedicada às casas inteligentes,

¹² CES - *Consumer Electronics Show*. Maior feira internacional de tecnologia e o lugar de encontro para todos do mundo que prosperam com o negócio de tecnologias de consumo. Realizada em Las Vegas a

aos carros inteligentes e aos *wearables* ou dispositivos que se podem vestir. A ideia é chegar o dia em que todos os equipamentos sejam controlados por dispositivos inteligentes.

Segundo Paiva (2015), as previsões de crescimento da base de objetos conectados contêm números astronômicos. Algumas apontam para 50 bilhões de conexões móveis no mundo em 2020, volume que somaria *smartphones*, *tablets* e objetos variados, como carros, eletrodomésticos, acessórios de vestuário, etc.

Segundo a pesquisa realizada, nos artigos citados acima, foi possível detectar as seguintes aplicações para IoT:

a) **Cidades inteligentes**

Segundo Rosseti (2015), Victor Larios, em seu artigo para IEEE Talks IoT, diz que "as cidades são os centros de inovação e as pessoas que vivem nelas querem estar conectadas. A maioria das culturas ao redor do mundo estão em um ponto onde elas não podem viver sem a Internet". Não só as pessoas, mas uma enorme quantidade de outras coisas estão agora conectados à Internet; e uma rede deste tipo de coisas conectadas fundamenta as razões pelas quais cidades inteligentes devem emergir. A Internet das Coisas (IoT) torna-se assim, naturalmente, o centro nervoso dando vida às cidades inteligentes e abre uma estrada vasta de potenciais promissores para a inovação.

Uma aplicação para cidades inteligentes citada por Zanella *et al.* (2014) seria na coleta de resíduos. Segundo ele, a utilização de recipientes de resíduos inteligentes para detectar o nível de carga permitirá uma otimização do percurso dos caminhões coletores, o que pode reduzir os custos ao recolher os resíduos e melhorar a qualidade da reciclagem. Para realizar tal serviço de gestão de resíduos inteligentes, a Internet das Coisas deve conectar os dispositivos finais, isto é, recipientes de lixo inteligentes, a um centro de controle, onde um software de otimização processa os dados e determina o gerenciamento ideal da coleta da frota de caminhões.

Outra aplicação importante da Internet das Coisas, segundo Sannapureddy (2015), está na detecção da poluição e de calamidades naturais. O uso da IoT permitirá monitorar as emissões das fábricas e veículos para minimizar a poluição do ar, acompanhar a liberação de produtos químicos e resíduos nocivos nos rios e no mar, prevenindo assim a poluição da água. É possível ainda enviar alertas de terremotos e tsunamis através da detecção de tremores assim como manter o nível de água de rios e represas sob vigilância e alerta em caso de inundações.

b) **Logística**

Segundo Bassi *et al.* (2013), na área de logística de transporte, a IoT melhora não só sistemas de fluxo de materiais, mas também o posicionamento global e identificação automática de mercadorias. Aumenta ainda a eficiência energética e, portanto, diminui o consumo de energia. Os autores concluem que a IoT é esperada para trazer mudanças profundas à cadeia global de suprimentos através de movimentação de carga inteligente.

cada ano, que tem servido como campo de provas para os inovadores e tecnologias de ponta para mais de 40 anos no cenário global em que as inovações de última geração são introduzidas no mercado.

Este objetivo será alcançado através de sincronização contínua de informações da cadeia em tempo real. Isso fará com que a cadeia se torne transparente, confiável e controlável, permitindo a comunicação entre as pessoas e os sistemas inteligentes de controle de carga/mercadorias.

Bassi *et al.* (2013) citam que numa cadeia de abastecimento global, as empresas serão capazes de rastrear todos os seus produtos por meio da identificação por radiofrequência (RFID). Como consequência, empresas vão reduzir suas despesas operacionais (OPEX) e melhorar a sua produtividade devido à maior integração com planejamento de recursos empresariais (ERP) e outros sistemas. Além disso, a manutenção das máquinas será facilitada por sensores conectados, permitindo o monitoramento em tempo real do desempenho dos equipamentos da fábrica.

c) **Aplicações na agricultura**

Liu *et al.* (2015) afirmam que a tecnologia de IoT tem um grande potencial para melhorar a segurança e a qualidade dos produtos agrícolas, ao fornecer monitoramento contínuo através do plantio e colheita para os produtores, dando a visibilidade dos estágios de produção com todos os benefícios resultantes que se obtêm a partir desse controle mais apurado.

d) **Área da Saúde**

Na área de saúde também haverá aplicações. Por exemplo, alguns pacientes paralisados precisam usar fralda quando estão na cama. Um sensor de umidade poderia imediatamente alertar enfermeiros e cuidadores para substituir a fralda rapidamente ao detectar a umidade. O sinal detectado será enviado para um leitor utilizando um leitor de RFID (DOMINGO, 2012).

Segundo Ashton (2015), também é possível acumular os dados do movimento do corpo humano com uma precisão muito maior do que as informações obtidas atualmente. Com esses registros, será possível reduzir, otimizar e economizar recursos naturais e energéticos, por exemplo. Para o autor, essa revolução será maior do que o próprio desenvolvimento do mundo online que se conhece hoje.

6. DESAFIOS ENFRENTADOS POR ESTA TECNOLOGIA

Segundo Loes (2015), o movimento no sentido de adoção maciça da IoT já parece impossível de se conter. Para ele, se isso é bom ou ruim, só o tempo dirá.

Sabe-se que muitos desafios serão enfrentados no decorrer deste processo de implantação da IoT, como armazenamento de dados, segurança das informações, funcionários bem capacitados, entre outros, como visto abaixo:

a) **Armazenamento das informações**

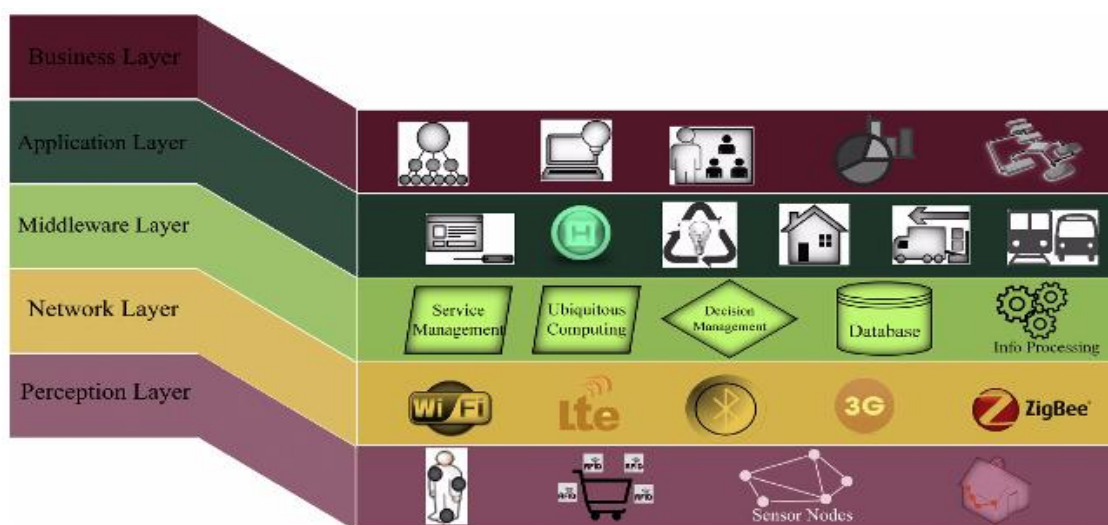
Sistemas, servidores de armazenamento e de redes precisam crescer para apoiar a transição e o crescimento maciço de novos dispositivos. A IoT irá impor novas exigências em armazenamento e essa enorme quantidade de dados precisarão ser armazenadas em algum lugar para ser útil (GUBBI *et al.*, 2013).

b) **Infraestrutura**

Segundo Mashal *et al.* (2015), a arquitetura básica da IoT consiste em três camadas: camada de percepção, camada de rede e camada de aplicação. Para os autores, essas camadas podem não ser suficientes devido ao rápido desenvolvimento da IoT. Portanto, uma arquitetura de cinco camadas tem sido sugerida, com a adição de duas novas camadas: a camada de processamento e a camada de negócios. A figura 2 apresenta o esquema com modelo das cinco camadas.

Falsarella (2015) afirma que o futuro da Internet das Coisas provavelmente envolve uma arquitetura que “empurra” a camada de aplicação para o roteador e integra a rede com a inteligência lógica. Dessa forma, a rede não tem de arcar com toda a carga; caso contrário, simplesmente não há maneira de adicionar largura de banda suficiente.

Figura 2: Arquitetura IoT



Fonte: Mashal *et al.* (2015)

Segundo noticiado pela Revista EXAME.com (2014), para John Donovan, vice-presidente de tecnologias e operações da AT&T, existe também um problema bem mais concreto e real que precisa ser vencido, a questão do espectro de frequências para utilização de redes sem fio. "Chegamos em um ponto em que precisamos fazer investimentos gigantescos e não adianta ter a garantia apenas de que nos próximos quatro ou cinco anos haverá espectro suficiente. É preciso pensar muito além disso", disse ele, lembrando que não basta pensar em otimizar o espectro e encontrar formas alternativas de reaproveitamento das frequências.

De acordo com Jara *et al.* (2014), a IoT vai permitir uma nova geração de ecossistemas dinâmicos em ambientes como cidades inteligentes e hospitais. Ecossistemas dinâmicos

exigem acesso ubíquo à Internet, transferência sem descontinuidades, políticas de roaming flexíveis e um protocolo de mobilidade interoperável com infraestrutura de Internet existente. Esses recursos são desafios para os dispositivos da IoT, que geralmente são dispositivos com pouca capacidade de memória, processamento e comunicação e de energia limitada.

Segundo Hans Vestberg (2014), CEO da Ericsson, em entrevista a revista Exame, um outro desafio será a interconexão entre operadoras e empresas. Segundo ele, no ambiente da Internet das Coisas, diferentes setores precisarão se relacionar. "Não será mais uma conversa entre operadores de telecomunicações e seus fornecedores, mas teremos que ouvir outros segmentos, outras indústrias", disse ele.

c) Segurança das informações

Segundo Chen *et al.* (2014), em comparação com as redes tradicionais, as questões de segurança e privacidade da Internet das Coisas tornam-se mais proeminentes. Muita informação inclui informações confidenciais e particulares, de modo que a proteção da privacidade será uma importante questão a ser considerada.

Segundo os autores, a IoT precisa de baixo custo e soluções técnicas orientadas para comunicação M2M¹³ para garantir a privacidade e a segurança. Em muitos casos de utilização, a segurança de um sistema tem sido considerada importante. Baixo custo, baixa latência e algoritmos de criptografia de eficiência energética e hardware flexível serão essenciais para o sensor ou dispositivo.

Segundo Gubbi *et al.* (2013), a segurança será uma das principais preocupações onde redes forem implantadas em larga escala. Haverá muitas maneiras do sistema ser atacado, como desativando a disponibilidade da rede, empurrando dados errôneos para a rede, acesso à informação pessoal, entre outros.

A IoT é vulnerável a ataques por várias razões. Segundo Atzori *et al.* (2010), em primeiro lugar, muitas vezes, seus componentes passam a maior parte do tempo sem vigilância tornando-os alvos fáceis para atacá-los fisicamente. Em segundo lugar, a maior parte das comunicações serão sem fio, o que torna a espionagem mais simples.

Os três componentes físicos da IoT - RFID, WSN e nuvem - são vulneráveis a ataques. A segurança é fundamental para qualquer rede e a primeira linha de defesa contra corrupção de dados é a criptografia (GUBBI *et al.*, 2013). Das três tecnologias, RFID parece ser a mais vulnerável, pois permite rastrear pessoas, bem como os objetos e nenhuma inteligência de alto nível pode ser ativada nesses dispositivos.

No quesito protocolos, segundo Mashal *et al.* (2015), o 6LoWPAN é o protocolo de comunicação mais recente e espera-se que prevaleça nas futuras redes. No entanto, a camada de adaptação 6LoWPAN enfrenta ameaças de segurança, especialmente para ataques de fragmentação de pacotes. Mais estudos são necessários para 6LoWPAN no desenvolvimento de um mecanismo de proteção adequada contra ataques. Da mesma forma, CoAP tem vários problemas de segurança, que deverão ser área de pesquisa ativa nos próximos anos.

d) Mão-de-obra especializada

¹³ Machine to Machine

Segundo Bassi *et al.* (2013), a Internet das Coisas proporcionará procedimentos automáticos que implicam uma redução do número de funcionários necessários. Trabalhadores serão substituídos por scanners de código de barras, leitores, sensores e atuadores, e, no final, por complexos robôs tão eficientes quanto um ser humano. Sem dúvida alguma, estas tecnologias trarão oportunidades para profissionais da área pois um grande número de técnicos será necessário para programar e reparar os equipamentos e sensores. Isso constitui um novo desafio para a prestação de serviços de todos os trabalhadores com uma oportunidade de avançar em direção a esses tipos de trabalho.

Por outro lado, com a tecnologia virá a geração de novos empregos com oportunidades para os desenvolvedores de software, que terão um universo novo para trabalhar. Segundo Mandler (2015), coordenador do projeto COMPOSE¹⁴, o objetivo da iniciativa é permitir que os desenvolvedores criem aplicativos que forneçam serviços de IoT e os lancem rapidamente no mercado.

Estamos dando aos desenvolvedores um balcão único onde é fácil projetar e implementar aplicações da Internet das Coisas, fornecendo blocos de construção para que eles possam criar seus próprios aplicativos. Esperamos que a abertura desta porta ao reino dos desenvolvedores menores vá conduzir a uma maior inovação (MANDLER, 2015).

É importante lembrar também dos Engenheiros de Telecomunicações, responsáveis por toda infraestrutura da rede e segurança, que deverão estar antenados com a possibilidade de acesso as informações através de novas tecnologias e dispositivos.

e) **Interoperabilidade**

Silva (2004) define que a Interoperabilidade é a capacidade de um sistema (informatizado ou não) de se comunicar de forma transparente, ou o mais próximo disso, com outro sistema (semelhante ou não). Segundo o autor, para um sistema ser considerado Interoperável é muito importante que ele trabalhe com padrões abertos. Seja um sistema de portal, educacional ou ainda um sistema de e-commerce, segundo ele, hoje em dia se caminha cada vez mais para a criação de padrões para sistemas. Portanto, este tema também se tornou um grande desafio para a instauração da IoT.

Segundo Marão (2013), o teste de interoperabilidade é uma ferramenta para acelerar o desenvolvimento e propicia a avaliação de desempenho por outros fabricantes e/ou desenvolvedores que não sabem como foi desenvolvida cada solução; testa se os padrões estabelecidos estão sendo utilizados corretamente e se aquela particular solução/produto consegue trabalhar corretamente em condições dentro dos limites das normas.

De acordo com informativo do CPqD - Centro de Pesquisas e Desenvolvimento (2015) - os conceitos e desafios de interoperabilidade da Internet das Coisas (IoT) foram o tema da palestra que o especialista Vinícius Garcia de Oliveira, responsável pelos processos de inovação da Diretoria de Redes Convergentes do CPqD fez na conferência IEEE Brasil RFID 2015, que se realizou no dia 7 de outubro de 2015, em São Paulo. Oliveira abordou um dos principais desafios enfrentados atualmente nesse cenário: a interoperabilidade. “A definição e uso de um framework comum é um requisito crítico para o desenvolvimento de dispositivos e aplicações de Internet das Coisas capazes de

¹⁴ COMPOSE: sigla em inglês para Mercado colaborativo aberto para colocar objetos ao seu serviço.

se comunicar plenamente uns com os outros”, diz ele. “Contudo, o problema principal não é a falta desse framework, mas o grande número de iniciativas destinadas a se tornar padrão da indústria”, acrescenta Oliveira.

f) Sustentabilidade

Pensando num futuro próximo, pode-se ter a noção de desafios envolvendo questões energéticas e desenvolvimento de sistemas eficientes de energia e autossustentáveis, sendo essenciais ao suporte de aplicações em IoT. Segundo Chen *et al.* (2014), formas de energia ambientais devem ser desenvolvidas. Eficiência no processamento e comunicação devem também ser aumentadas através de novos circuitos, novos paradigmas de programações e no desenvolvimento de energia eficiente e protocolos de antenas inteligentes. O desenvolvimento de novas, eficazes e compactas baterias, células de combustível, bem como a nova geração de dispositivos com métodos de transmissão de energia ou captação de energia serão os fatores chave para o desenvolvimento de sistemas autônomos inteligentes sem fio.

7. CONCLUSÃO E FUTUROS ESTUDOS

Este trabalho apresenta uma visão geral baseada em pesquisas diversas de autores que apresentam os aspectos técnicos, aplicações já existentes e os desafios a serem enfrentados pela IoT no dia-a-dia.

Devido à evolução técnica existente, é possível acreditar no potencial de aplicações desta nova tecnologia. Segundo Asensio *et al.* (2014) e Jara *et al.* (2014), entre outros, a IoT será um caminho sem volta. Assim como a Internet ganhou forças no momento em que conectou computadores ao redor do mundo, a IoT está surgindo como uma promessa de possíveis aplicações que auxiliarão os seres humanos nas tarefas cotidianas.

Segundo Mandler (2015), a IoT trará também a possibilidade de trabalho para vários setores, com destaque aos desenvolvedores de aplicativos para os dispositivos conectados e engenheiros de telecomunicações, que precisarão planejar bem a infraestrutura que suportará a rede. Mas é importante lembrar da necessidade de se estudar a segurança dos dados.

Segurança é um assunto que demanda uma pesquisa mais apurada em relação ao assunto. Partindo do princípio que os dados estarão armazenados em servidores que se encontram fisicamente em locais diferentes (na nuvem) e ainda no equipamento do usuário. Isso faz com que a preocupação de segurança seja trabalhada com todos aqueles que utilizam a rede e seus equipamentos, sob pena de terem seus dados capturados por possíveis pessoas que os utilizem de forma errada.

Pôde-se perceber que a IoT é ainda uma grande promessa. Apesar do conceito já não ser tão novo, datado em 1999 com Kevin Ashton, os equipamentos estão aos poucos se adaptando para que sejam utilizados dentro deste conceito. Com o advento do IPv6, esta realidade se modificará, pois o novo protocolo trás a possibilidade de crescimento exponencial dos equipamentos para rede.

Dentre os trabalhos da recém-iniciada linha de pesquisas FoT - Fumec of Things - criada na Universidade Fumec, este primeiro artigo apresentou uma visão geral sobre a

IoT. Sem duvida nenhuma que como visto anteriormente, o tema ainda demanda muito estudo da área, em especial para área de infraestrutura e segurança da rede. Portanto em futuros estudos serão desenvolvidas pesquisas aprofundadas destes temas com o objetivo de projetar a primeira aplicação de Internet das Coisas da FoT.

8. REFERÊNCIAS

AGGARWAL, Charu. **The Internet of Things: a Survey from the data- centric perspective**, 2013. Managing and Mining Sensor Data, p. 383–391. Disponível em: <<http://charuaggarwal.net/iot.pdf>> Acesso em: 23 de Set. 2015.

ANATEL. **IPv6 estará disponível para o público a partir de Julho de 2015**. Disponível em: <<http://www.anatel.gov.br/Portal/exibirPortalNoticias.do?acao=carregaNoticia&codigo=36710>>. Acesso em: 23 de mar. 2015.

ARDUINO. Disponível em <<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>>. Acesso em: 19 set. 2015.

ASENSIO, Ángel; MARCO, Álvaro ; BLASCO, Rubén; CASAS, Roberto. **Protocol and Architecture to Bring Things into Internet of Things**. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ijdsn/2014/158252/>>. Acesso em: 23 de Set. 2015.

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: A survey**, 2010. Computer Networks 54 (2010), p. 2787–2805. Disponível em: <http://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0010/187831/The-Internet-of-Things.pdf> Acesso em: 17 de abr. 2015.

BASSI, A.; BAUER, M.; FIEDLER, M.; KRAMP, T.; VAN KRANENBURG, R.; LANGE, S.; MEISSNER, S. **Enabling Things to talk: Designing IoT solutions with the IoT Architectural Reference Model**. Ebook , Editora Springer Heidelberg New York Dordrecht London. Disponível em: <<http://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-40403-0>>. Acesso em: 18 set. 2015.

CHAVAN, A; NIGHOT, M. **Secure CoAP Using Enhanced DTLS for Internet of Things**. Disponível em: <http://www.ijirce.com/upload/2014/december/25U_Secure.pdf>. Acesso em: 23 de Set. 2015.

CHEN, Shanzhi; XU, Hui; LIU, Dake; HU, Bo; WANG, Hucheng. **A Vision of IoT: Applications, Challenges, and Opportunities With China Perspective**. IEEE Internet of Things Journal, VoL. 1, No. 4, August, 2014. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6851114>> Acessado em 28 de Ago. 2015.

DOMINGO, Mari. **An overview of the Internet of Things for people with disabilities**. Journal of Network and Computer Applications. Vol. 35, Março, 2012. Páginas 584–596. Acesso em: 20 set. 2015.

CPQD. Internet das Coisas será o foco do CPqD na conferência IEEE Brasil RFID. Disponível em: < <https://www.cpqd.com.br/noticias/Internet-das-coisas-sera-o-foco-do-cpqd-na-conferencia-ieee-brasil-rfid/>>. Acessado em 01 de out. de 2015.

EXAME.com. **Empresas apontam desafios para Internet das Coisas**. Publicado em 08 de jan. 2014. Disponível em : <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/empresas-apontam-desafios-para-Internet-das-coisas>>. Acessado em 01 de out. de 2015.

FALSARELLA, Douglas. **O desafio da Internet das Coisas**. Disponível em: <<http://corporate.canaltech.com.br/noticia/mercado/O-desafio-da-Internet-das-Coisas/>> Acessado em 24 de Set. 2015.

FRITZING. Disponível em < <http://fritzing.org/home/>>. Acesso em: 20 set. 2015.

GESTÃO DE TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO. May 19-21, 2010 / 19 a 21 de Maio 2010 USP/São Paulo/SP.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GUBBI, Jayavardhana; BUYYA, Rajkumar; MARUSIC, Slaven; PALANISWAMI, Marimuthu. **Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions**. Future Generation Computer Systems. Volume 29, Issue 7, September 2013, Pages 1645–1660. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X13000241>> Acessado em 28 de Ago. 2015.

IPv6 do PoP-BA. **MOBILIDADE**. Disponível em: <<https://www.pop-ba.rnp.br/IPv6/FundamentosIPv66>> Acessado em 28 de Ago. 2015.

JARA, Antonio ; LADID, Latif; SKARMETA, Antonio. **The Internet of Things through IPv6: An Analysis of Challenges, Solutions and Opportunities**. Journal of Wireless Mobile Networks, Ubiquitous Computing, and Dependable Applications, 2014. Disponível em: < <http://iot6.eu/sites/default/files/imageblock/ipv6-iot6.pdf>>. Acessado em 08 de Out. 2015.

JARA, Antonio; FERNANDEZ, David; LOPEZ, Pablo; ZAMORA, Miguel; SKARMETA, Antonio. **Lightweight MIPv6 with IPSec Support**. Mobile Information Systems. Vol. 10, 2014. Páginas 37–77. Acesso em: 20 set. 2015.

JARA, Antonio; ZAMORA, Miguel; SKARMETA, Antonio. **Global IP: An Adaptive and Transparent IPv6 Integration in the Internet of Things**. Mobile Information Systems, Volume 8 (2012), Issue 3, Pages 177-197. Disponível em: < <http://www.hindawi.com/journals/misy/2012/819250/abs/>> Acessado em 10 de Out. 2015.

KADLEC, Jaroslav; KUČHTA, Radek; NOVOTNÝ, Radovan; COZIK, Ondrej. **RFID Modular System for the Internet of Things (IoT)**. Disponível em < <http://www.omicsgroup.org/journals/rfid-modular-system-for-the-Internet-of-things-iot-2169-0316.1000134.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2015.

KOTSEV, Alexander; PANTISANO, Francesco; SHADE, Sven; JIRKA, Simon. Architecture of a Service-Enabled Sensing Platform for the Environment. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1424-8220/15/2/4470/htm>>; Acesso em: 19 set. 2015.

LAKATOS, E. M; MARCONI, M. A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: 5ª ed. Atlas, 2003.

LIU, Yi; WANG, He; WANG, Junyu; QIAN, Kan; KONG, Ning; WANG, Kaijiang; ZHENG, Lirong; SHI, Yiwei; ENGELS, Daniel. **Enterprise-Oriented IoT Name Service for Agricultural Product Supply Chain Management**. International Journal of Distributed Sensor Networks Volume 2015 (2015), Article ID 308165, 12 páginas. Disponível em: <<http://www.hindawi.com/journals/ijdsn/2015/308165/>>. Acesso em: 20 set. 2015.

LOES, João; STEINHAUSER, Rafael. **O que é a Internet das Coisas e como ela mudará suas vidas**. Disponível em: <<http://tecnologia.terra.com.br/o-que-e-a-Internet-das-coisas-e-como-ela-mudara-a-sua-vida,3e61c3b90c8ca410VgnVCM3000009af154d0RCRD.html>>. Acesso em: 3 de abr. 2015.

MARÃO, Gabriel. **Internet das Coisas: interoperabilidade é o nome do jogo**. Disponível em: <<http://convergiadigital.uol.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=33841&sid=15&tpl=printerview>>. Acessado em 06 de out. 2015.

MARION, José Carlos; DIAS, Reinaldo; TRALDI, Maria Cristina. Monografia para cursos de administração, contabilidade e economia. São Paulo: Atlas, 2002.

MASHAL, Ibrahim; ALSARYRAH, Osama; CHUNG, Tein-Yaw; YANG, Cheng-Zen; KUO, Wen-Hsing; AGRAWAL, Dharma. **Choices for interaction with things on Internet and underlying**, 5 issues. Ad Hoc Networks 28 (2015) 68–90. Disponível em: <http://www.researchgate.net/publication/270583584_Choices_for_Interaction_with_T_hings_on_Internet_and_Underlying_Issues>. Acessado em 08 de Set. 2015.

MONTENEGRO, G.; KUSHALNAGAR, N.; HUI, J.; CULLER, D. **Request for Comments 4944: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks**. 2007. Disponível em: <<http://datatracker.ietf.org/doc/rfc4944/>>. Acesso em: 19 set. 2015.

NIC.br. **Termina o estoque de endereços IPv4 na América Latina**. Disponível em: <<http://www.nic.br/imprensa/releases/2014/rl-2014-19.htm>>. Acesso em: 23 de mar. 2015.

MIRANDA, Anibal D. A. **Introdução às redes de computadores**. Disponível em: <<http://ftp.feb.unesp.br/autodesk/pos/Disciplina-1-redes.pdf>>. Acesso em: 17 de abr. 2015.

NIC.br. **Volta a alertar para o esgotamento do IPv4 nos próximos meses.** Disponível em: <<http://www.teletime.com.br/01/04/2014/nicbr-volta-a-alertar-para-o-esgotamento-do-ipv4-nos-proximos-meses-tt/373039/news.aspx>>. Acesso em: 23 de mar. 2015.

NIC, (National Intelligence Council), Disruptive Civil Technologies. **Six Technologies with Potential Impacts on US Interests Out to 2025.** CONFERENCE REPORT CR . April 2008-07, 2008. Disponível em: <http://www.dni.gov/files/documents/2008%20Conference%20Report_Disruptive%20Civil%20Technologies.pdf>. Acessado em: 17 de abr. 2015.

OLONCA, Ricardo. **IPv4 x IPv6.** Disponível em: <http://linuxnewmedia.com.br/blogs/rede/2014/07/22/ipv4-x-ipv6/>. Acesso em: 28 de Abr. 2015.

PAIVA, Fernando. **Internet das Coisas vai produzir "tsunami" de sinalização nas redes móveis.** Disponível em: <<http://www.teletime.com.br/16/04/2015/Internet-das-coisas-vai-produzir-tsunami-de-sinalizacao-nas-redes-moveis-tt/409242/news.aspx>> Acesso em 16 de Abril de 2015.

Pandikumar, S; Vetrive, R.S. **Internet of Things Based Architecture of Web and Smart Home Interface Using GSM.** Disponível em: < <http://www.rroj.com/open-access/Internet-of-things-based-architecture-of-weband-smart-home-interface-using-gsm.pdf>> Acessado em 19 de Set. 2015.

PERINI, Ricardo. **IPv6: Novo protocolo chega para suprir o esgotamento de IP na América latina.** Disponível em: <http://www.profissionaisiti.com.br/2014/11/ipv6-novo-protocolo-chega-para-suprir-o-esgotamento-de-ip-na-america-latina/>> Acesso em: 23 de mar. 2015.

PERKINS, Charles. **Suporte à Mobilidade IP.** Disponível em:<<http://www.ietf.org/rfc/rfc2002.txt>> Acessado em 17 de abr. 2015.

PESSOA, C. R. M.; JAMIL, G. L; GEREMIAS, T; SANTOS, P.S; ROSA, M. **Análise de discurso em estudos de múltiplos casos sobre a implementação do Protocolo IPv6 nas Organizações.** In: 12º CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO. May 20-22, 2015 / 20 a 22 de Maio 2015 USP/São Paulo/SP.

PESSOA, C. R. M.; JAMIL, G. L. **Alinhamento Estratégico entre gestão empresarial e o setor de tecnologia da informação(TI): Sua Observação no momento da aquisição de soluções de tecnologia.** In: 7º CONGRESSO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE TECNOLOGIA E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO. May 19-21, 2010 / 19 a 21 de Maio 2010 USP/São Paulo/SP.

ROSSETI, R. **Internet of Things (IoT) and Smart Cities.** IEEE Xplore- Readings on Smart Cities - Vol. 1, Edição 7, Agosto 2015. Disponível em: <<http://smartcities.ieee.org/articles-publications/ieee-xplore-readings-on-smart-cities/august-2015.html?>> Acessado em 29 de Set. 2015.

SANNAPUREDDY, B. R. **Pros & Cons of Internet Of Things (IOT)**. Disponível em:<<https://www.linkedin.com/pulse/pros-cons-Internet-things-iot-bhaskara-reddy-sannapureddy?trk=prof-post>>. Acessado em 17 de abr. 2015.

SILVA, R. **A importância da interoperabilidade**. Disponível em:<<http://www.phpbrasil.com/artigo/-XVEH0RZGzGr/a-importancia-da-interoperabilidade>> Acessado em 07 de Out. 2015.

VARMA, V. **Wireless Fidelity—WiFi**. Disponível em:<<http://www.ieee.org/about/technologies/emerging/wifi.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2015.

VASSEUR, J .P; DUNKELS, A. **Interconnecting Smart Objects with IP- The Next Internet**. Editora Elsevier Inc, 2010. Disponível em:<<http://www.portal.inf.ufg.br/~brunoos/books/Interconnecting%20Smart%20Objects%20with%20IP.pdf>>. Acessado em 17 de abr. 2015.

WIRING. Disponível em < <http://wiring.org.co/>>. Acesso em: 20 set. 2015.

ZASLAVSKY, A.; PERERA, C. **Context Aware Computing for The Internet of Things: A Survey**. Disponível em: < <http://arxiv.org/pdf/1305.0982.pdf>>. Acessado em 19 de Set. 2015.

ZAMBARDA, Pedro. **‘Internet das Coisas’: entenda o conceito e o que muda com a tecnologia**. Disponível em:<<http://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2014/08/Internet-das-coisas-entenda-o-conceito-e-o-que-muda-com-tecnologia.html>>. Acessado em:14 de abr. de 2015.