

A INTERNET DAS COISAS CONECTANDO CASAS AS PESSOAS

*THE INTERNET OF THINGS CONNECTING PEOPLE TO HOUSES***Recebimento: 04/08/2019 - Aceite: 21/12/2018 - Publicação: 31/01/2019****Processo de Avaliação: Double Blind Review**

Renato de Brito Sanchez¹
Mestre em Engenharia
Faculdade e Centro universitário ENIAC
renatobritosanchez@gmail.com

Diego Augusto Miquelin Costa
Especialista em Gestão de Projetos
Faculdade e Centro universitário ENIAC
diego.amcosta@gmail.com

João Carlos Lopes Fernandes
Doutor em Engenharia
Faculdade e Centro universitário ENIAC
jlopesf@uol.com

RESUMO

A *Internet of Things* (IOT) conecta dispositivos entre si, permitindo a interação entre eles. Ela atualmente faz parte do futuro das tecnologias mundiais e poderá auxiliar pessoas e empresa por meio de um simples celular ou *tablet*. Ela pode ser utilizada na transmissão de dados em tempo real para servidores, permitindo assim que todos os dispositivos se comuniquem entre si. Os protocolos, mais utilizados são: KNX, Z-Ware e ZigBee, que podem ser utilizados em conjunto com redes wireless, permitindo assim a construção de soluções para a criação de uma casa totalmente automatizada que se utilize de sensores interligados por uma rede. Foram analisadas várias soluções e dentre elas o ZigBee, e a tecnologia Insteon, são ótimas soluções pois se adapta muito bem em redes cabeadas ou wireless e vem bem ao encontro das necessidades encontradas na criação de uma casa automatizada.

Palavras-chave: Internet de Coisas; Automação em tempo real; Casas inteligentes.

¹ Autor para correspondência: R. Força Pública, 89 - Centro, Guarulhos - SP, Brasil, 07012-030.

ABSTRACT

The Internet of Things (IOT) connects devices to each other, allowing interaction between them. It is currently part of the future of the world's technologies and can assist individuals and companies through a simple phone or tablet. It can be used in real-time data transmission to servers, thus allowing all devices to communicate with each other. The most used protocols are: KNX, Z-Ware and ZigBee, which can be used in conjunction with wireless networks, thus allowing the construction of solutions for the creation of a fully automated house using sensors interconnected by a network. Several solutions have been analyzed and among them ZigBee and Insteon technology are great solutions because it adapts very well in wired or wireless networks and meets well the needs found in the creation of an automated house.

Keywords: *Internet of Things; Real time automation; Intelligent houses.*

RESUMEN

El Internet de las cosas (IOT) conecta dispositivos entre sí, lo que permite la interacción entre ellos. Actualmente forma parte del futuro de las tecnologías del mundo y puede ayudar a individuos y empresas a través de un simple teléfono o tableta. Se puede utilizar en la transmisión de datos en tiempo real a los servidores, permitiendo así que todos los dispositivos se comuniquen entre sí. Los protocolos más utilizados son: KNX, Z-Ware y ZigBee, que pueden usarse junto con redes inalámbricas, lo que permite la construcción de soluciones para la creación de una casa completamente automatizada utilizando sensores interconectados por una red. Se han analizado varias soluciones y, entre ellas, las tecnologías ZigBee e Insteon son excelentes porque se adaptan muy bien en redes cableadas o inalámbricas y satisfacen bien las necesidades encontradas en la creación de una casa automatizada.

Palabras clave: Internet de las cosas; Automatización en tiempo real; Casas inteligentes.

1. INTRODUÇÃO

Entre as realizações tecnológicas a criação do computador, foi uma das mais importantes. Nos primórdios, o computador era usado para resolver, em diversos casos, desde uma simples nota, para cálculos extremamente complexos devido ao Coprocessador matemático, que atualmente já é algo que já é padronizado nos processadores em si. O computador apenas não seria nada sem um Sistema Operacional (S.O.), que é o responsável

por 'entender' os comandos dados por seus utilizadores. O S.O. é projetado para não falhar e exercer a função de "intermediário" entre o utilizador e o equipamento.

Este trabalho tem como objetivo apresentar como e quando a IoT está presente nos dispositivos e quando ela é aplicada, visando a conexão de todos os dispositivos em um cenário residencial, assim como as formas da conexão e quais aplicativos e dispositivos estão disponíveis as aplicações para IoT. (BUCKELEY, 2006)

A Tecnologia Ubíqua é um conceito de engenharia de software e ciência da computação em que a computação foi feita para aparecer a qualquer hora e qualquer lugar, esta tecnologia aplicada em dispositivos, os mesmos podem ser acessadas em qualquer dispositivo, em qualquer lugar e em qualquer forma, tais como o desktop, terminais, tabletes, geladeiras, carros e até mesmo, em relógios e óculos. Nesta tecnologia é implementado o Middleware, Sistema Operacional (S.O.), Programação Mobile, Sensores, Microprocessadores, Input/output(I/O), networks, interfaces de usuário, protocolos de celular, localização e posicionamento e novos materiais. (ITU, 2005)

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. OS PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO

Atualmente, existem vários protocolos de comunicação para automação de casas, tais como X10, BACnet, INSTEON, KNX, LonWorks, CEBUS, C-Bus, Scs Bus openWebNet, Quadro de força universal (QFU/UPB), Z-ware e ZigBee. Segundo a literatura as redes sem fio são mais simples de serem implementadas que as redes cabeadas, pela sua flexibilidade na instalação de dispositivos. Quando pensamos em redes de dados através de energia elétrica é necessário analisarmos principalmente o seu nível de interferência (fator ruído).

A tecnologia *Insteon* oferece uma forma simples em que a rede elétrica funciona em conjunto com as ondas de rádio, formando uma rede de camada de malha dupla, ou seja, se a mensagem não for através de uma plataforma, ela tentará outra forma, como interruptores de luz, luzes, termostatos, sensores de vazamento, controles remotos, sensores de movimento entre outros dispositivos elétricos podem se comunicar por meio de linhas de energia, comunicações de rádio frequência (RF) ou ambos. Os dispositivos são pares e cada

dispositivo transmite, recebe e repete mensagens de forma independente. (MATTERN, 2010)

Como outros sistemas de automação residencial, ele utiliza a internet das coisas como base. Ao invés de rotear uma mensagem, o dispositivo irá fazer broadcast, ou seja, todos os dispositivos irão receber a mensagem na rede, e quem for o destinatário, deve tratá-la e devolvê-la a rede. Alguns fatores devem ser levados em consideração, quanto mais dispositivos, a mensagem será maior, ou seja, mais dados a serem processados.

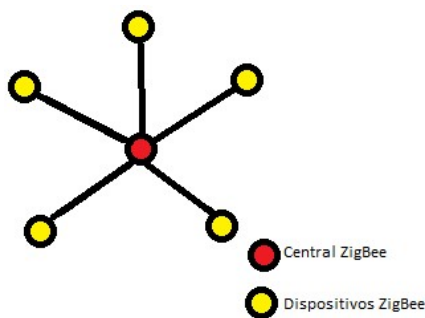
O Z-Wave usa um algoritmo de para determinar a melhor rota para suas mensagens, cada dispositivo Z-wave tem embutido o seu código e quando o dispositivo for plugado ao sistema, o controle de rede reconhece e determina sua localização e adiciona a rede. Quando um comando passa, o controlador utiliza o algoritmo para determinar como a mensagem deve ser enviada, devido a este processo o roteamento de mensagens ocupa muita memória na rede, alto padrão de tráfego. Alguns controladores desenvolvidos pela hierarquia entre dispositivos foram criados, alguns controles iniciam mensagem e alguns apenas só podem carregar e responder mensagens.

2.2. TOPOLOGIA DE REDE ZIGBEE

A rede ZigBee tem suporte a três tipos de topologias, tais como a Estrela (Star), Árvore (Tree) e a topologia em Malha (ROBLES, 2010).

A topologia estrela, conforme figura 1, é a mais fácil de ser implementada pois ela é controlada por apenas uma central, porém do mesmo jeito que é a mais fácil de ser implementada, é a mais fácil ao mesmo tempo de ser danificada devido ao tráfego de informações, assim como um simples problema é e irá parar a rede toda.

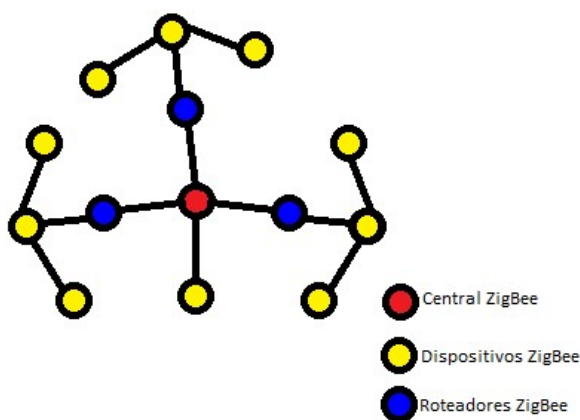
Figura 1 - Topologia Estrela



Fonte: Autores

Na topologia árvore (figura 2), existem os roteadores para processamento de informação, os mesmos podem enviar e receber informações para a “Central ZigBee”, devido a sua capacidade e poder de processamento um pouco melhor comparado aos “dispositivos ZigBee”, principalmente também, por ter a habilidade de introduzir algoritmos de baixo nível para o processamento local nos ‘Roteadores ZigBee’, fazendo com que os roteadores e as centrais recebam as informações e processamento de dados entre si, para diminuir a volumetria a ser processada em apenas um local específico. Nesta topologia, caso a rede sofra um problema em um de seus Roteadores, apenas os que sofreram as falhas irão ser interrompidos, sem impactar na central, porém a central irá disparar um sinal a central informando que o Roteador X esta off, se tornando, portanto, uma rede mais robusta que a topologia em estrela. (BROWN, 2016)

Figura 2 - Topologia Árvore

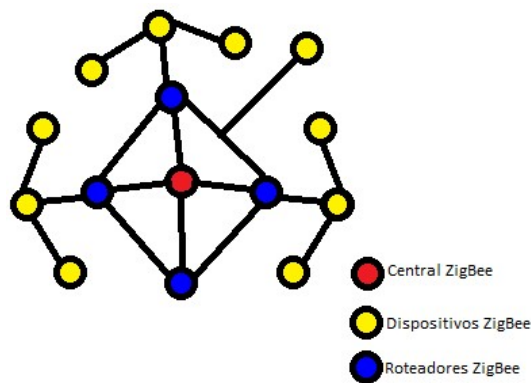


Fonte: Autores

A Topologia em malha (figura 3) é a mais difícil de ser implementada por ser bem complexa, mas ao mesmo tempo oferece o melhor tipo de rede com relação a sensores em uma rede de larga ou ampla escala.

Sua topologia contém os roteadores ZigBee que fazem a conexão entre si, de tal forma que se um roteador, seja por qual motivo, pare sua operação, como estão todos interligados e passando informação de um para o outro, sempre algum estará ativo e assumirá as informações. Caso ocorra uma queda na conexão outro roteador automaticamente entra em atividade como backup, porém, isso pode gerar uma sobrecarga nos outros roteadores. Na topologia em malha, como todos os roteadores replicam a informação, não será gerada uma sobrecarga devido a divisão de informações entre eles. (Ferrão, 2016)

Figura 3 - Topologia em Malha



Fonte: Autores

2.3 PROTOCOLOS DE SEGURANÇA

A segurança do ZigBee é baseada em chave simétrica, a qual define uma implementação correta de mecanismos criptografados e políticas de segurança. (ZIGBEE ALLIANCE, 2013).

Quando a arquitetura é reduzida, automaticamente o nível de segurança também é, sendo assim deve-se implementar soluções de segurança adicional. Fazendo-se a implementações de protocolos de segurança, o sistema em si já fica mais seguro, assim como os sistemas de geração de números aleatórios e senhas secretas não serem visíveis por sistemas externos, portanto não serão acessíveis por redes não autorizadas. Porém, como qualquer conexão, a configuração de um aparelho ou dispositivo deve ser testada antes que ele faça parte da rede e se deve configura sua chave de acesso para não existira comprometendo da segurança da rede inteira.

Utiliza comunicação com criptografia no padrão *Advanced Encryption Standard* (AES) 128-bits divididas em dois dispositivos, enquanto em comunicações broadcast também estão em 128-bits, mas é replicado para todos os dispositivos da network. (GOODSPEED, 2009).

Um dispositivo possui três formas de adquirir esta chave de início: Transporte, Estabelecimento ou Pré instalação. A chave possui duas possibilidades: Padrão e a Alta Segurança.

2.3.1 Especificações do ZigBee (Standard, 2012)

- Home Automation 1.2
- Smart Energy 1.1b
- Telecommunication Services 1.0
- Health Care 1.0
- RF4CE – Remote Control 1.0
- RF4CE – Input Device 1.0
- Remote Control 2.0
- Light Link 1.0
- IP 1.0
- Commercial Building Automation 1.0
- Gateway 1.0
- Green Power 1.0
- Retail Services

2.3.2 Consumo de Energia

O ZigBee foi projetado para automação de casas, sua versão ZigBee Green consegue capturar sua própria e assim gerando uma fonte de energia reaproveitável.

Sendo assim a automação de “Casas ZigBee (ACZ)” pode resultar em economia de energia. Existem casos especiais e cenários para determinadas aplicações que terão mais ou menos gastos energéticos, tais como:

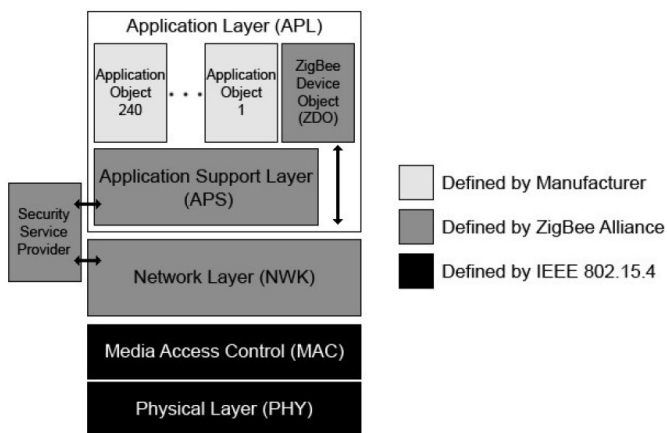
- Censores ocupacionais: Sensores infravermelhos ou de movimento podem ser usados para ligar os aparelhos, tais como as luzes, apenas quando detecta uma pessoa, assim como desligar a mesma quando não há mais movimento, ou seja, quando a pessoa se retirou do ambiente. Pode ser bem utilizado em corredores ou garagens.
- Monitoramento de Energia: O uso de força do sistema ACZ pode ser monitorado assim também como completamente automatizado. Ligar e desligar a força para tais equipamentos quando não há input de dados ou no caso de sensoriamento, quando não há eventos.
- Cenários e *Timers*: A automação de gasto de energia em cenários diferentes varia de cenário a cenário, isso pode ser programado para gerar menos gasto possível para o usuário, assim como deixar os equipamentos ativos diretamente sem necessidade, assim como ativar o necessário quando necessário.

2.3.3 Arquitetura de Software ZigBee

A Arquitetura do software ZigBee (figura 4) é composta de três níveis diferentes:

- Nível de Aplicação
- Nível de Conjunto ZigBee
- Nível Físico/link

Figura 4 - Arquitetura do software ZigBee



Fonte: (Standard, 2012)

A camada física foi padronizada pela IEEE 802.15.4 - *Media Access Control* (MAC) responsável pelo endereçamento físico da máquina. Onde camada logo acima da física, foi definida pela ZigBee Alliance, e faz a inclusão da camada de Redes e Suporte à aplicação. Sendo a terceira e última camada é o Nível de aplicação, que depende do fabricante quem manufatura os componentes dos dispositivos ZigBee.

2.3.3.1 Nível de Aplicação

O nível de aplicação dos dispositivos ZigBee, é responsável por ler e receber entradas de sensores ou usuário, bem como suas saídas de dados. É possível incluir mais de 240 tipos de aplicações diferentes em uma única central ou roteador ZigBee (TROSSEN, 2012).

Para ser possível transmitir as mensagens, que faz a comunicação entre as aplicações na rede, essas aplicações devem ter sua identificação na rede, ou seja, estar identificado entre os números 1 a 240. No momento que um dispositivo é nomeado e/ou identificado na rede, para a mesma é claro e direto aonde o dispositivo se encontra, e para qual ou quais dispositivos deve ser encaminhado a mensagem ou ação. (NORDRUM, 2016)

Se ao disparar a informação com o endereço final 255, será disparado uma mensagem broadcast, ou seja, todos os dispositivos conectados naquela rede irão receber a mensagem. Assim como o 255 é broadcast, o 0 é reservado para aplicações e serviços internos do ZigBee, tais como o Objeto Dispositivo ZigBee.

2.3.3.2 Nível de Conjunto / Pilha ZigBee

O nível de Conjunto ou Pilha é o responsável por suprir os aparelhos ZigBee, ele faz a conexão entre a camada de aplicação e a camada física. Ela controla a estrutura de redes, responsável por todo o roteamento e a segurança da rede. O nível de Conjunto/Pilha está subdividido na Camada de Aplicação, Redes e Dispositivos e objetos, provedor ou segurança. Isso só é possível devido as Centrais ZigBee, interagindo com o nível de aplicação por meio de uma interface de usuário de serviço. Existem quatro tipos de níveis

entre o Nível de Aplicação e o de *Support*: Os *Requests*, confirmações, respostas e os de indicações (VERMESAN, 2013).

2.3.3.3 Nível físico / Link

O nível físico é composto por duas camadas, a *Media Access Control* (MAC) e a Camada Física, ambas baseadas na IEEE 802.15. É responsável por gerenciar o endereçamento, assim como a transmissão e recepção de mensagens, suportado pela também conhecida MAC. Para as mensagens serem transmitidas a MAC estabelece, qual destino a mesma precisa ser enviada assim como na recepção de mensagens, o processo é o mesmo, passando pelo MAC e sendo enviado para o dispositivo correto, bem como o mesmo é responsável por construir os pacotes de dados ou pedaços de informação que são ou serão transmitidas e igualmente transmitir esses pedaços de informação aos devidos MACs.

2.3.4 Distância funcional do ZigBee

A distância efetiva entre dois dispositivos ZigBee variam de acordo com o poder de transmissão, assim como o poder e recepção, ou seja, para se definir a distância, primeiro tem que se calcular a distância transmitida pelo sinal Radiofrequência (RF) antes de ficar fraco para ser detectado pelo receptor, bem como a frequência usada, o ambiente, as antenas diferentes e levando em consideração os diferentes de -3dBm.

Com essa frequência é fácil atingir de 10 a mais de 100 metros de um dispositivo a outro (REDRIKSSON, 2005). Sua distância de transmissão dentro de uma casa ou prédio será bem inferior a uma conexão externa, por exemplo, pelo motivo da transmissão em si ser interrompida ou bloqueada pela própria estrutura da casa ou prédio, ou objetos sólidos, já uma conexão em linha reta é mais fácil de se chegar ao receptor devido a distância e a nenhum tipo de obstáculo na frente, deixando de haver possíveis interferências.

Usando uma saída de 0dBm em um dispositivo ZigBee em um exterior em linha reta para o receptor, é possível de forma simples conseguir uma transmissão acima de 200 metros. Já foi mostrado que é possível de fazer uma conexão e transmissão acima de 450 metros com a mesma saída (WOOD, 2015).

Dentro de ambientes fechados como por exemplos: construções, prédios ou casas, ou seja, as distancias de até 30 metros são possíveis de serem atingidas quando o sinal é transmitido com 0 dBm, enquanto os dispositivos ZigBee de grande potência de saída, com 15 dBm, podem multiplicar por 5 a distância, ou seja, isso facilmente atingiriam 2250 metros de distância efetiva.

Como podemos ver na tabela 1, o ZigBee pode até não ter muita potência comparado aos demais padrões wireless, porém, mesmo sendo fraco com relação aos outros, seu custo, adaptação, manuseio, usabilidade, quantidade de dispositivos que irão se conectar, vida útil do dispositivo, assim como sua taxa de transmissão, são de total ponto notório com relação a escolha, uma vez que os dispositivos ZigBee não tem muita potência em seus 0 dBm, porém, tem uma vida útil 100x maior que a dos outros dispositivos, tornando-o, no final das contas, a melhor opção.

Tabela 1 - ZigBee comparado com outros padrões Wireless

	ZigBee	Bluetooth	Wi-Fi	GSM/GPRS CDMA/1xRTT
	802.15.4	802.15.1	802.11b	
Usos	Monitoring & Control	Replacing RS232 Cables	Internet	Mobile Phones
Requisitos do sistema	4 - 32KB	>250 KB	>1 MB	>16 MB
Distância de transmissão	1 to >100 m	1 to >10 m	1 to 100 m	>1 km
Taxa máxima	20 to >250 kbps	1 mbps	11 mbps	64 to >128 kbps
Tamanho Maximo de rede local	65,535	8	32	1
Vida da Bateria	100 to >1,000 days	1 to 7 days	0.5 to 5 days	1 to 7 days
Qualidades Notaveis	Cost, Power, Reliability	Cost, Accessibility	Speed, Adaptability	Range, Quality

Fonte: ZigBee Alliance, 2013

3 METODOLOGIA

Este projeto possui conotação exploratória, e busca definir a melhor forma de utilizar a *Internet of Things* (IOT) e conecta dispositivos utilizados nas casas as pessoas (SANTAELLA, 2013), tendo como parâmetros o custo e a segurança. Para sua realização foi escolhido os protocolos Wireless para redução de custos de cabeamento, reduzindo, portanto, a lista de protocolos disponíveis para: Insteon, zigbee, Z-wave e ONE-NET. Esses protocolos, portanto, foram comparados para determinar qual proporcionaria o melhor custo benéfico na automação de uma casa.

Para definir qual equipamento a ser utilizado, foi realizado um levantamento nos custos, tempo de resposta, facilidade de implementação, manutenção, segurança, integração de sistemas, suporte e qualidade de sinal para vários dispositivos conectados. A tecnologia *Insteon* é relativamente nova no mercado e não é compatível com vários dispositivos como Z-Wave e ZigBee. Ela possui uma gama de mais 200 produtos, como sensores, lâmpadas, entre outros. Segundo suas especificações, ela possui tamanho de rede ilimitado, não precisa de uma unidade central como Z-Wave e ZigBee, todos os dispositivos agem como

repetidores e espelham a mensagem a outros dispositivos, quando são adicionados mais dispositivos ao sistema, ele não deixa a rede lenta e a distância de 150 metros pode ser alcançada sem perda de sinal. De forma geral a tecnologia *Insteon* possui um bom nível de segurança e quantidade sendo mais recomendada para uso industrial, o que a não desqualifica para uso doméstico.

Com relação ao custo inicial, ela possui o *Insteon Starter Kit* (ISK), que contém 1 Hub (Switch/Roteador) e dois Plugs para controle de no máximo 2 componentes, nos quais pode-se controlar as luzes, ventiladores e até mesmo as válvulas de sua piscina, e possui custo estimado de U\$119,00 dólares. Levando em consideração que cada *Insteon Dimmer Plug* custa U\$38.00 dólares para apenas 1 lâmpada, aparelho ou dispositivo, para montar uma casa totalmente automatizada, o valor seria multiplicado por 100 vezes. Como se pode observar no quadro 1, em questão ao nível de segurança e distancia o protocolo Z-Wave seria a melhor opção, porém, devido a várias funcionalidades do projeto como a transmissão e nível de ruído. Optou-se por utilizar o protocolo ZigBee.

Quadro 1 - ZigBee vs Z-Wave Especificações e Capacidades

ZIGBEE AND Z-WAVE SPECIFICATIONS AND CAPABILITIES					
Technology	Frequency	Modulation	Data rate	Range	Applications
ZigBee	2.4 to 2.483 GHz	OQPSK	250 kbits/s	10 m	Home automation, smart grid, remote control
Z-Wave	908.42 MHz	GFSK	9.6/40 kbits/s	30 m	Home automation, security

Fonte: ZigBee Alliance Manual, 2012, Pag. 456

Conforme observado no quadro 2, pode-se verificar que o Z-Wave é um protocolo muito bom e com bastante segurança comparado aos outros, assim como ser até que simples de forma geral, qualquer pessoa pode instalar ou até mesma contratar um profissional para executar a instalação, pode ser usada em uma casa automatizada, porém como se trata de uma segurança elevada, pode-se considerar que o protocolo Z-Wave é ideal para soluções com 100 dispositivos conectados e a rede suportar com alta demanda.

Com relação ao custo o Z-Wave não contém nenhum kit inicial, porém existe apenas o “*Lightning Kit*” que é o que faz controle das luzes, num preço inicial de U\$249,99 dólares.

Deve-se ser observado que ele apenas controla as Luzes de uma residência, logo o preço é extremamente alto para a nossa necessidade, até então o Insteon está mais barato e com mais variedades de conexão.

Quadro 2 - Pontos positivos e negativos do Z-Wave

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> - Usado mais por empresas de segurança - Botão de desligar quando sai de sua casa - Recebe alertas de sua casa (alarme, sensor acionado, fogo, água, dentro outras) - Empresa ainda em atividade - Várias opções de equipamentos - Fácil de usar - Distância maior que a do ZigBee - Rede malha dupla (Dual mesh) 	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema muito caro dependendo do tamanho do projeto - Transmissão de dados de 100kbps, comparado aos 250 kbps do ZigBee - Distância grande, porém, menor quantidade de dados enviados, ações podem demorar mais. - Suporte apenas 232 dispositivos conectados, comparado aos 64.000 do ZigBee

Fonte: Autores.

O ZigBee, procura o melhor caminho para o receptor, sua plataforma foi baseada nos padrões do Instituto dos Engenheiros Elétrico e Eletrônicos (IEEE) projetada para redes pessoais, desta forma qualquer empresa pode construir um produto ZigBee compatível sem pagar por licenças. Como o Z-Wave, o ZigBee tem seus dispositivos que roteiam a mensagem e processam informações, assim como dispositivos que apenas fazem tarefas mais simples, o quadro 3 apresenta os fatores positivos e negativos da solução.

Quadro 3 - Pontos positivos do ZigBee

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> - Aplicação mobile e desktop - Vida útil da bateria em 7 anos - Rápida transmissão de dados, significando na resposta rápida. - Suporta todas as marcas grandes, tais como GE, LG, Logitech, Philips e Samsung - Custo muito baixo - Em atividade direta, mantém sua duração de 10 anos. - Mais rápida que Z-Wave - Permite criar diversos cenários diferentes e seus comportamentos 	<ul style="list-style-type: none"> - Apenas 30 metros de distância efetiva, chegando a 100, porém em linha reta e sem obstáculos. - Problemas de comunicação com aplicativos “Third Party” - Complexidade maior que o Insteon e o Z-Wave

Fonte: Autores.

O ZigBee comparado aos outros protocolos acaba apenas perdendo no quesito distancia efetiva e em alguns casos, na segurança, porém, nada que possa comprometer a soluções baseadas em portas, janelas e até mesmo biometria para acesso restrito. Devido a sua taxa de transferência ser alta comparado as outras tecnologias, a distância é reduzida devido ao número de informações transmitidas de um switch ao outro. Com relação ao preço o ZigBee é um pouco mais caro de forma geral, porém contém mais funcionalidades, custando U\$299,00 dólares, que já incluem diversos componentes (tabela 2) e permitem uma programação passível, ele possui compatibilidade com diversos fabricantes, e o preço dos periféricos externos variam bastante.

Tabela 2 - Conteúdo do ZigBee Starter Kit

ProBee ZigBee Starter Kit Contents		
Order Code	Description	Quantity
ZE10C-00	ProBee ZE10 ZigBee OEM Module w/ Chip Antenna	1
ZE10U-00	ProBee ZE10 ZigBee OEM Module w/ U.FL Connector	1
ZE10S-00	ProBee ZE10 ZigBee OEM Module w/ RPSMA Connector	1
DAT-G01R	3 dBi Dipole Antenna, RP-SMA Plug, Right-hand Thread	2
UEC-G01R	12cm U.FL to RPSMA Cable, Right-Hand Thread	1
	Development Board	3
	DC Power Adapter (International)	3
	CD-ROM	1
	Serial cable	3
	USB cable	3

Fonte: Autores.

O ZigBee possui consumo baixo de energia e pode ser implementado com uma simples bateria; segundo informações do fabricante o sistema se manteria ativo por 7 anos, mas esta informação considera um ambiente ideal e não deve ser considerada em projetos reais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ZigBee apresenta de forma geral resultados consideravelmente melhores aos outros dispositivos analisados, esta conclusão foi devido a sua praticidade na configuração e seu custo-benefício que permite atingir qualquer tipo de público. Ele pode ser programado por qualquer pessoa com pequeno conhecimento de programação. Os níveis de segurança e proteção integrada são satisfatórios e podem ser expandidas caso seja necessário.

Todas as implementações que podem ser realizadas com os protocolos KNX e Insteon, podem ser adequadas de forma mais simples pelo ZigBee.

Com sua utilização é possível unir Sistemas inteligentes e Inteligência artificial para construir uma casa inteligente capaz de se adaptar as diversas situações do cotidiano.

Existem diversos cenários que podem ser criados e simulados, desta forma para trabalhos futuros recomendamos a análise destes cenários e sua tabulação como possíveis soluções mercadológicas.

REFERÊNCIAS

BROWN, Eric. Who Needs the Internet of Things? | Linux. com | The source for Linux information. **Retrieved**, v. 3, n. 08, p. 2017, 2016.

BUCKLEY, J. From RFID to the Internet of Things: **Pervasive networked systems**. European Union Directorate for Networks and Communication Technologies. 2006.

FERRAO, Maithe et al. A internet das coisas. **11ª Mostra de Iniciação Científica Júnior**, 2016.

GOODSPEED, T. (2009), **Extracting Keys from Second Generation Zigbee Chips**. Black Hat USA, Las Vegas.

ITU. International Telecommunication Union. Internet Reports 2005: **The Internet of Things**. 2005. Disponível em <http://www.itu.int>. Acessado em 20 dez 2018.

MATTERN, Friedemann; FLOERKEMEIER, Christian. From the Internet of Computers to the Internet of Things. In: **From active data management to event-based systems and more**. Springer, Berlin, Heidelberg, 2010. p. 242-259.

NORDRUM, Amy. **Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 is Outdated**, 2016.

REDRIKSSON, Vendela. **What is a smart home or building**. 2005.

ROBLES, Rosslin John; KIM, Tai-hoon. Applications, systems and methods in smart home technology: A. **Int. Journal of Advanced Science And Technology**, v. 15, 2010.

SANTAELLA, Lucia. **Comunicação ubíqua: Repercussões na cultura e na educação**. São Paulo: Paulus, 2013.

STANDARD (2012). **ZigBee Light Link Standard**. San Ramon, United States. Version 1.0, ZigBee Document 11-0037-10.

TROSSEN, Dirk. Turing, the Internet and a Theory for Architecture: A (Fictional?) Tale in Three Parts. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, Volume 42, Number 3, July 2012.

VERMESAN, Ovidiu; FRIESS, Peter (Ed.). **Internet of things: converging technologies for smart environments and integrated ecosystems**. River Publishers, 2013.

WOOD, Alex. **The internet of things is revolutionising our lives, but standards are a must**, 2015.

ZIGBEE ALLIANCE, (2013). **Zigbee Home Automation Public Application Profile**. San Ramon, United States. Revision 29, Version 1.2, ZigBee Document 05-3520-29.