

Estudo Prospectivo Relativo ao Padrão *ZigBee* para Redes sem Fio e sua Utilização na Computação em Nuvens

M. S. Lima¹; M. A. S. N. Nunes²

¹Mestrado em Ciência da Computação/Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil.

²Departamento de Ciência da Computação/Universidade Federal de Sergipe, 49100-000, São Cristóvão-SE, Brasil.

maykalima@hotmail.com

(Recebido em 21 de julho de 2014; aceito em 30 de novembro de 2014)

O mercado das comunicações tem sofrido nos últimos anos uma enorme expansão para satisfazer as necessidades da sociedade. Desta forma, emerge a comunicação das redes sem fio com múltiplas alternativas, e cada uma delas incorpora aplicações distintas. Para esse tipo de comunicação criaram-se alguns padrões, destacando-se o IEEE 802.15 para redes sem fio pessoais e mais recentemente o *ZigBee*. Este último engloba aplicações de monitoração e sensoriamento de sistemas, o que o torna adequado para aplicações residenciais. Esta característica do *ZigBee* motivou o desenvolvimento deste estudo prospectivo que tem como objetivo verificar o estado atual do *ZigBee* e identificar possíveis oportunidades de desenvolvimento na área, mostrando as diversas patentes que foram registradas e trabalhos criados com base neste padrão de comunicação sem fio e sua integração com a computação nas nuvens.

Palavras-chave: Redes sem fio; *Zigbee*; computação em nuvens.

Prospective Study Concerning the Standard for *ZigBee* Wireless Networks and its Application in Cloud Computing

The communication market has undergone in recent years a huge expansion to fulfill the needs of society. Thus, communication of wireless networks with multiple alternatives emerges, and each one of them incorporate different applications. For this type of communication were set up some standards, especially IEEE 802.11 for wireless networking and more recently the *ZigBee*. This last one encompasses monitoring applications and sensing systems, which makes it suitable for residential applications. This *ZigBee* feature motivated the development of this prospective study, which aims to verify the current state of technique and identify potential development opportunities in the area, showing the various patents that have been registered and jobs created based on this pattern of wireless communication and its integration with cloud computing.

Keywords: Wireless; *Zigbee*; cloud computing.

1. INTRODUÇÃO

As redes de sensores sem fio estão em crescente desenvolvimento, aumentando consideravelmente o número de pesquisas realizadas e sua utilização em diversas áreas, como na área da saúde, educação, ou entretenimentos. Este crescimento deve-se ao fato do avanço dos microprocessadores, sensores e sistemas eletromecânicos, possuírem um papel fundamental neste desenvolvimento na área de comunicação sem fio¹.

Alguns desses sensores são chamados “inteligentes”, pois se comunicam e reagrupam, realizando monitoramento dos vários processos existentes dentro de uma rede de computadores. Essas redes possuem um grande número de nós (sensores ou atuadores). Assim, é necessário um mecanismo para realização de uma autoconfiguração. Isto se deve pelo fato de uma rede de sensores sem fio ser autônoma e exigir uma grande capacidade de cooperação para executar as tarefas exigidas pela rede.

Um dos pontos importantes da autoconfiguração é a necessidade que os sensores possuem de estar sempre atentos às mudanças que possam acontecer. Sendo assim um sensor pode passar do estado ativo para o estado inativo e a rede precisar ser reorganizada, optando por soluções baseadas em topologias sem fios², ao invés de redes com cabeamento convencional, especialmente quando se trata de ampliação ou melhoria de uma rede existente.

Ainda são poucos os padrões de redes sem fios para aplicações em redes locais utilizando sensores e outros dispositivos de controle. O que existe, portanto, são sistemas proprietários,

desenvolvidos para atender redes específicas, como as redes de automação industrial, por exemplo, aplicações com sensores (de temperatura, umidade, gases, etc.) e dispositivos de controle não necessitam de uma largura de banda elevada para funcionarem, mas necessitam de uma latência baixa e consumo de energia igualmente baixa para preservar uma vida útil das baterias³. Nestes casos, os sistemas *wireless* foram projetados para atender às exigências específicas destas aplicações.

Atualmente, o foco das redes sem fio ou *wireless* comerciais localiza-se no contexto das redes locais (WLAN - *Wireless Local Area Network*), tanto em soluções proprietárias como nos padrões desenvolvidos pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Com a evolução das tecnologias das redes sem fios, estas passaram a atender não só as aplicações corporativas mais sofisticadas como também aquelas que envolvem pequenos volumes de dados que exigem baixas taxas de transmissão como, por exemplo, o controle de equipamentos eletrônicos. Além disso, outras tecnologias têm sido utilizadas também com o objetivo de proporcionar a comunicação pessoal e o controle de dispositivos diversos, denominadas por redes pessoais⁴ (WPAN - *Wireless Personal Area Network*). Uma das tecnologias mais recentes dentro deste grupo de redes para aplicações pessoais e que permite a gestão e controle remoto de dispositivos tais como, equipamentos domésticos (TV, DVD, etc.) e periféricos (teclados, ratos, impressoras, etc.), é o padrão *ZigBee*. Este padrão foi desenvolvido para se tornar uma alternativa de comunicações em redes que não necessitam de soluções mais complexas para o seu controle, ou seja, tornam os custos de aquisição, instalação de equipamentos, manutenção e mão-de-obra mais baratos.

A *ZigBee Alliance*, que desenvolve o padrão *ZigBee*⁶ juntamente com o IEEE, é uma associação com mais de 200 empresas, que trabalham em conjunto para desenvolver um padrão capaz de possibilitar um controle seguro, de baixo custo e de baixa potência em redes sem fios para o controle de diversos equipamentos, incluindo soluções para automação industrial, aplicações em telemedicina e entretenimento¹. A relação entre IEEE 802.15.4 e *ZigBee* é parecida à existente entre IEEE 802.11 e *WiFiAlliance*. A especificação 1.0 de *ZigBee* ficou aprovada em 14 de dezembro de 2004 e fica disponível a membros do grupo de desenvolvimento (*ZigBee Alliance*).

A utilização das redes sem fio com o padrão *ZigBee* está cada vez mais sendo difundido pelas grandes empresas, onde surgiu a necessidade de armazenar as informações e compartilhar os dados das aplicações de maneira mais eficaz e rápida. Com isso, foi necessária a inclusão da tecnologia de redes de computadores para aplicações na *Internet*, computação em nuvem.

Computação em nuvem pretende ser global e prover serviços para as massas que vão desde o usuário final que hospeda seus documentos pessoais na *Internet* até empresas que terceirizarão toda a parte de TI para outras empresas. Nunca uma abordagem para a utilização real foi tão global e completa: não apenas recursos de computação e armazenamento são entregues sob demanda, mas toda a pilha de computação pode ser aproveitada na nuvem⁴.

Com isso, os usuários estão movendo seus dados e aplicações para a nuvem e assim acessá-los de forma simples e de qualquer local⁷. Isso é um caso de utilização de processamento centralizado. Na computação em nuvem os recursos de tecnologia são fornecidos como um serviço, permitindo aos usuários acessarem sem a necessidade de conhecimento sobre a tecnologia utilizada. Assim, os usuários e empresas passaram a acessar os serviços independentes de localização, o que aumenta quantidade de serviços disponíveis.

Logo, o padrão *Zigbee* nas redes sem fio passou a utilizar a computação em nuvem. O tráfego das informações e da comunicação entre as diferentes redes existentes, tornando-as mais rápidas e capazes de transmitir os dados de maneira mais segura para seus usuários. O objetivo principal deste artigo é realizar uma pesquisa para conhecer o estado atual da técnica utilizada para extrair as informações da pesquisa realizada, e identificar possíveis oportunidades de desenvolvimento na área, com base no padrão IEEE 802.11, para comunicação de redes sem fio e sua integração com a computação em nuvens.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no período de maio a junho de 2014 utilizando a base internacional de patentes *Derwent Innovation Index*⁸ e dados do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial)⁹. O INPI é responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de patentes e propriedade intelectual para a indústria. Além disso, realizaram-se pesquisas de teses e dissertações utilizando a base de teses da Capes, de artigos científicos no *Science Direct*, *IEEE Xplorer* e *SCOPUS*. A pesquisa foi direcionada a buscar para a análise dos resultados as seguintes palavras-chave na prospecção: *ZigBee*, *wireless*, *cloud computing* e o padrão 802.15.4. Os campos utilizados na base do *Derwent* foi o de título (*title*) e resumo/tópico (*topic*), para que pudessem ser gerados dados completos sobre o tema da pesquisa.

Além disso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e o fichamento de produções científicas referentes aos termos pesquisados, possibilitando maior aprofundamento da temática em todas as bases citadas anteriormente. Após a pesquisa bibliográfica, o segundo momento intensificou-se na geração dos gráficos utilizando um *software* denominado de *Prospecting Helper*¹⁰ que foi desenvolvido para minerar os dados exportados pela base *Derwent*, e gerar os gráficos das patentes em relação às palavras-chave escolhidas. O *Derwent* é capaz de gerar um arquivo com os campos da patente (números da patente, resumo, autores, etc). Este arquivo é, então, introduzido no *Prospecting Helper*, que, sem margem de erro, minera os dados da patente necessários para a geração dos gráficos de país para as palavras-chave, para os códigos das patentes internacionais, e para o ano de depósito. Como a base *Derwent* não disponibiliza diretamente a informação sobre o ano de depósito da patente, utilizou-se a data de publicação cadastrada no *Derwent*, com filtro no período de 2000 a 2014.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dessa pesquisa totalizaram 117.239 registros de patentes pesquisadas entre os termos *ZigBee*, redes sem fio e computação em nuvem, bem como o agrupamento delas. Vale ressaltar que os termos foram utilizados na pesquisa em inglês, pois não foram encontrados em português com quantitativo satisfatório para a pesquisa. Com isso, os dados apresentados na Tabela 1 constituem o resultado desta filtragem, que identifica o termo *wireless* encontrados em 100.000 registros na base de dados do *Derwent* e ao realizar a busca com as palavras compostas à quantidade de resultados foi diminuindo consideravelmente.

A busca realizada no INPI⁹ obteve um resultado pequeno para os termos tratados, apesar de o termo *wireless* ter sido o mais encontrado. Foram usados os termos em inglês relacionados ao tema durante a execução das buscas.

Tabela 1 – Pesquisa de patentes por palavras-chave e agrupamentos de palavras, depositadas no *Derwent Innovations, Index e INPI*.

Palavras-chave	<i>Derwent Innovations Index</i>	INPI
<i>ZigBee</i>	10.989	05
<i>Cloud Computing</i>	4.988	0
<i>Wireless</i>	100.000	13
<i>ZigBee/Cloud</i>	81	0
<i>ZigBee/Cloud/Wireless</i>	60	0
<i>ZigBee/Cloud Computing</i>	23	0
<i>Cloud/wireless</i>	1.098	0
TOTAL	117.239	18

Fonte: Autoria própria (2014).

Na pesquisa de teses e dissertações utilizou-se o banco de teses da Capes¹¹, conforme a Tabela 2. Apesar da maior parte dos documentos depositados nesta base estarem em português,

foram usados os termos em inglês relacionados ao tema durante a execução das buscas. A pesquisa, quando se relacionavam os termos *zigbee*, *cloud computing* e *wireless* apresentou uma quantidade de resultados baixa.

Tabela 2 – Pesquisa de Teses e Dissertações por palavras-chave e agrupamento em inglês no portal da Capes.

Palavras-chave	Teses e Dissertações
<i>ZigBee</i>	26
<i>Cloud Computing</i>	23
<i>Wireless</i>	47
<i>ZigBee/Cloud</i>	0
<i>ZigBee/Wireless</i>	2
TOTAL	98

Fonte: Autoria própria (2014).

Na busca de artigos científicos foram utilizadas as bases de dados *Science Direct* (2014)¹², *IEEE Xplorer*(2014)¹³ e *SCOPUS* (2014)¹⁴ como na Tabela 3. Durante as buscas nessas bases foram utilizados os termos em inglês, pois a língua inglesa é predominante nas publicações contidas às bases. O processo de prospecção foi realizado no mês de maio de 2014.

Tabela 3 – Pesquisa de Artigos Científicos por palavras-chave e agrupamento em inglês.

Palavras-chave	<i>Science Direct</i>	<i>IEEE Xplorer</i>	<i>SCOPUS</i>
<i>ZigBee</i>	1.475	5.675	4.056
<i>Cloud Computing</i>	28.794	16.871	82
<i>Wireless</i>	65.660	225.743	71
<i>ZigBee/Cloud Computing</i>	142	51	71
<i>ZigBee/Wireless</i>	1.374	3.117	71
TOTAL	97.445	251.457	4.351

Fonte: Autoria própria (2014).

A Tabela 3 mostra que existem vários artigos científicos tratando o padrão *ZigBee* para redes sem fio e a utilização na computação em nuvens. Os resultados apresentados nas Tabelas 1, 2 e 3 levam a crer que estas tecnologias são objetos de pesquisas nas bases de dados utilizadas.

Com os 117.239 registros de documentos de patente encontrados na base de dados do *Derwent*⁹ salienta-se que o número encontrado não representa o total de invenções protegidas nesta área, pois uma mesma patente pode ser depositada em diferentes países, com o objetivo de garantir o direito de exclusividade aos seus inventores nos mercados considerados como mais relevantes, uma vez que o direito da patente é territorial.

Os números da Tabela 1 estão representados graficamente conforme na Figura 1. Nesta figura a base do *Derwent* possui o maior número depósito de patentes relacionadas ao tópico e do INPI quase não tem patentes registradas. O termo *Wireless* obteve o maior número de registros pesquisados conforme a Figura 1, mas ao fazer a relação na busca com o termo *cloud* o valor foi de nenhuma ocorrência, comprovando que é ainda uma área de pesquisa pouco difundida.

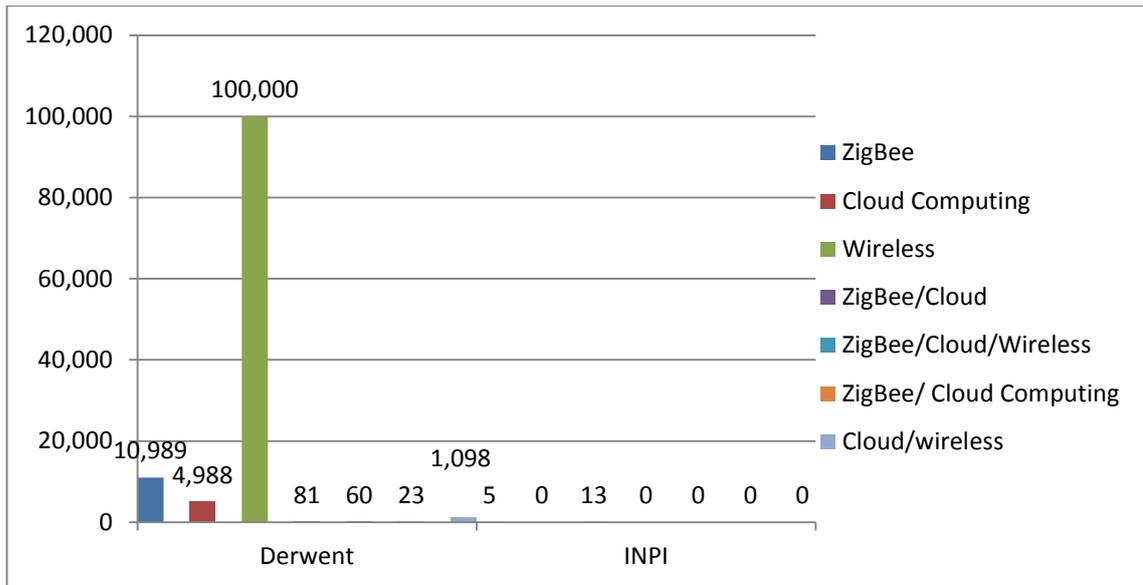


Figura 1- Número de patentes depositadas no Derwent Innovations Index e no INPI por palavras-chave e agrupamento em inglês.

Fonte: Autoria própria (2014).

A Figura 2 mostra os números da Tabela 2 da pesquisa realizada das teses e dissertações na base Capes contendo as palavras-chave relacionadas nesta pesquisa de prospecção. Neste caso atenta-se para o fato de que o número de teses e dissertações escritas sobre o termo *Wireless* possui um quantitativo de 47 documentos. Realizando uma comparação com o termo Zigbee, os valores na Tabela 2 caem satisfatoriamente significando que podem ser estudados mais profundamente.

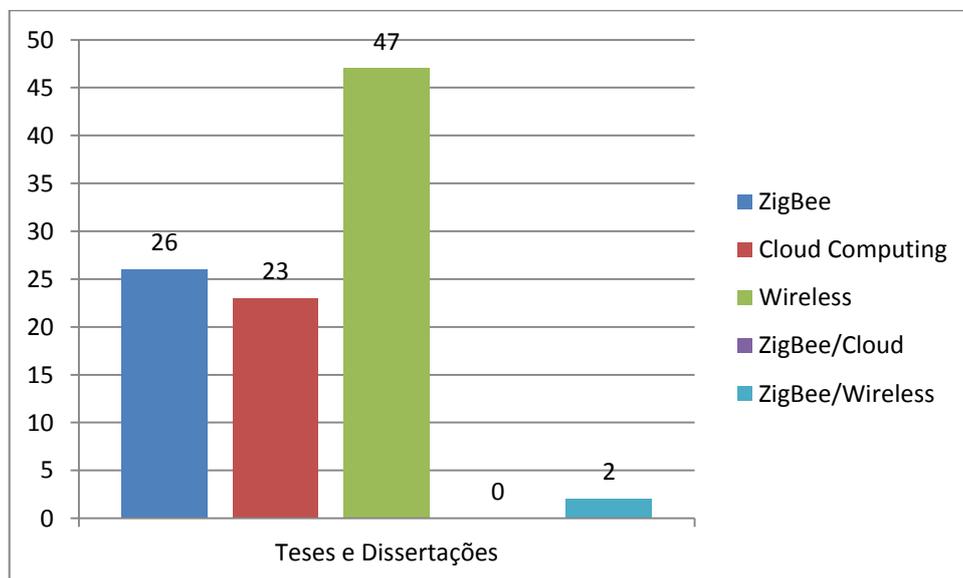


Figura 2 - Número de teses e dissertações pesquisadas na base Capes por palavras-chave e agrupamento em inglês.

Fonte: Autoria própria (2014).

A distribuição exposta nas Figuras 1 e 2 exibem um quantitativo de teses e dissertações pesquisadas na base Capes, mais alto para as palavras-chave “*Wireless* e *ZigBee*”. A pesquisa das patentes foi realizada no período de 2000 a 2014, como é mostrado na Figura 3 por países e quantitativo dos documentos de patentes referentes à palavra-chave “*ZigBee*”, destacando a China como o país que obteve o maior número de patentes registradas no *Derwent Innovations Index*. No caso do Brasil há um valor muito baixo de patentes para o termo *ZigBee*. Os números

de patentes pesquisadas na base *Derwent Innovations Index* pela palavra-chave “ZigBee” em inglês, como é mostrado da Figura 3, indicam investimentos em pesquisas na China e nos Estados Unidos por terem o maior número de patentes encontradas.

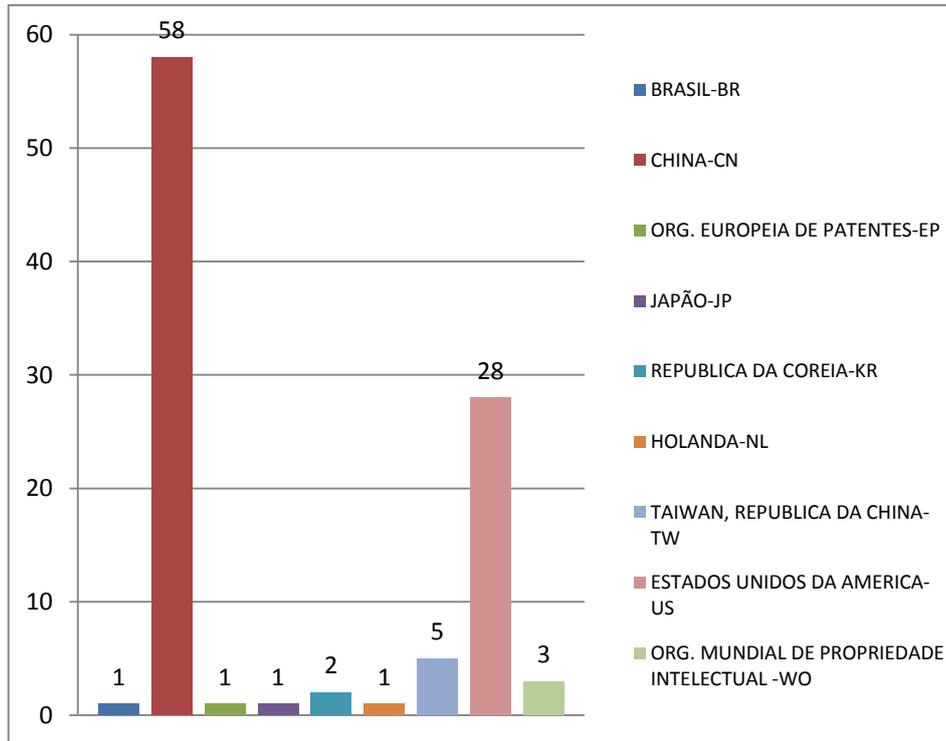


Figura 3 - Número de patentes pesquisadas na base *Derwent Innovations Index* pela palavra-chave “ZigBee” em inglês.

Fonte: Autoria própria (2014).

Ainda com base na distribuição anual, 2012 foi o ano com 33 patentes registradas no *Derwent Innovations Index* pela palavra-chave “Zigbee” em inglês, sendo o maior quantitativo encontrado comparando com os demais anos da busca realizada. Em 2014 ainda não foram encontradas patentes registradas, porém em 2013 houve somente um total de 25 patentes, como exibido na Figura 4. Isso mostra que novas pesquisas podem ser realizadas para esta tecnologia e novos registros patentes podem surgir, favorecendo aos estudos tecnológicos das redes sem fio.

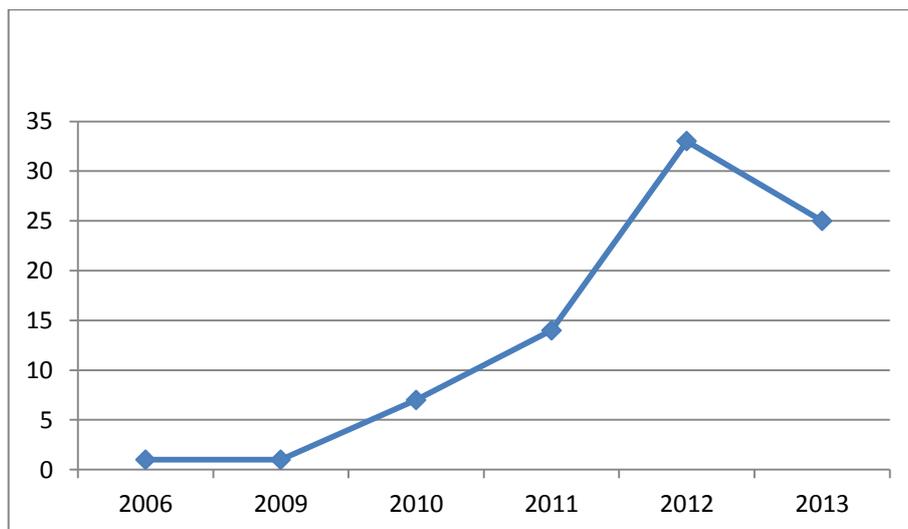


Figura 4 - Número de patentes registradas no *Derwent Innovations Index* pela palavra-chave “ZigBee” em inglês.

Fonte: Autoria própria (2014).

Para realizar o cálculo das patentes por países e ano, foi utilizado o software *Prospecting Helper*.

A Figura 5 mostra um gráfico com os números que foram apresentados na Tabela 3, referente aos resultados dos artigos científicos encontrados nas bases de dados *Science Direct* (2014), *IEEE Xplorer* (2014) e *SCOPUS* (2014). O gráfico evidencia que o *IEEE Explorer* tem 225.743 artigos publicados com a palavra-chave *wireless* comparando com o *Science Direct* que obteve somente 65.660 artigos. Porém, analisando pela palavra-chave *cloud computing*, o resultado foi contrário, onde o *Science Direct* superou o *IEEE Explorer*. As buscas nestas bases de dados foram realizadas com os termos em língua inglesa, pois é a predominante para as publicações pesquisadas.

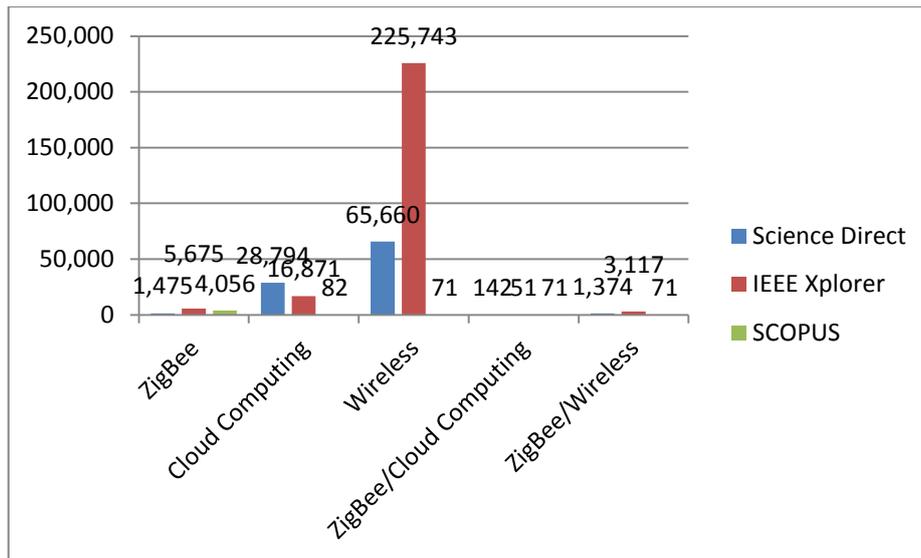


Figura 5 - Número de artigos científicos publicados nas bases *Science Direct* (2014), *IEEE Xplorer* (2014) e *SCOPUS* (2014) em maio de 2014 pelas palavras-chave pesquisadas.

Fonte: Autoria própria (2014).

Em relação à classificação internacional de patente (CIP¹), foi realizado um estudo em relação ao quantitativo entre os anos de 2000 e 2014, utilizando como palavra-chave *Zigbee*, como na Figura 6.

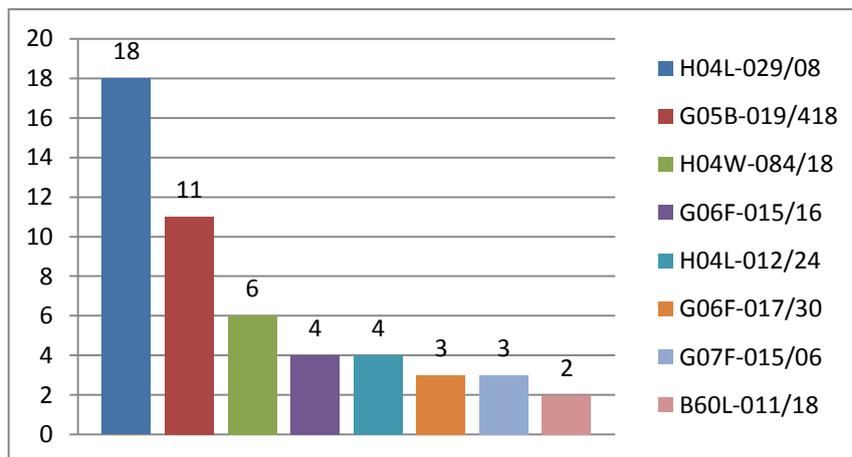


Figura 6 – Quantidade de patentes por CIP¹ pela palavra - chave pesquisadas “ZigBee”.

Fonte: Autoria própria (2014).

¹CIP – classificação internacional de patentes classificando o conteúdo técnico de um documento de patente ou uma invenção.

A Figura 6 trata da classificação internacional de patentes. Nesta figura o maior percentual de patentes encontradas foi referente aos códigos: H04L-029/08 que significa circuitos ou sistemas, não abrangidos por um único grupo de controle da comunicação; G05B-019/418, sistemas de controle por programas elétricos; e H04W-084/18, redes auto. Nas demais patentes com percentual mais baixo, como na G06F-015/16, discriminam-se os computadores digitais e equipamentos de processamentos de dados em geral. A classificação das patentes pesquisadas neste trabalho pode ser discriminada através da busca em patentes *online*¹⁵.

4. CONCLUSÃO

A prospecção mostrou que o número de patentes depositadas é consideravelmente alto em relação ao padrão *ZigBee* e as redes de sensores sem fio. Mas, relacionando com a tecnologia de computação em nuvens, que ainda é pouco difundida em pesquisas, observou-se poucos trabalhos relacionados com os termos pesquisados *ZigBee* e *wireless*. Porém, a quantidade de trabalhos científicos e acadêmicos que estão sendo realizados em função desta tecnologia gerou um número de artigos, teses e dissertações elevadas.

Com o total de 117.239 patentes pesquisadas na base *Derwent* e 18 no INPI, o comparativo realizado com os três termos utilizados, *ZigBee*, redes sem fio e computação em nuvem, demonstra uma diferença alta entre as duas bases de pesquisa. As teses e dissertações foram buscadas na base da Capes, enquanto os artigos científicos nas bases de dados *Science Direct* (2014)¹², *IEEE Xplorer*(2014)¹³ e *SCOPUS* (2014)¹⁴. Os resultados coletados demonstram o grande número de artigos científicos que são criados hoje sobre os termos pesquisados. Este número pode ser resultante de diversas publicações necessárias para as pesquisas realizadas com estas tecnologias.

Por outro lado, as palavras-chave “*ZigBee*” e “*Wireless*”, na base da Capes, teve um número baixo de publicações de teses e dissertações. Estes temas estão sendo pouco pesquisados pelas instituições. Uma relação entre as palavras-chave citadas e “*Cloud Computing*” são consideradas novidades dentro do conceito de tecnologias utilizadas para redes de sensores sem fio. Um ponto que deve ser observado pelas diversas entidades de pesquisas hoje no Brasil, é que de acordo com os resultados na base *Derwent Innovations Index*, países como a China e os Estados Unidos estão investindo cada vez mais em pesquisas para a tecnologia *ZigBee*, como pode ser observado na Figura 3, demonstrando que deve se pensar mais em investimentos em tecnologia e pesquisas nestas áreas de grande potencial tecnológico.

Por fim, em 2013 tiveram uma queda no número de registros de patentes, onde foram encontradas somente 25 patentes registradas, comparando com 33 em 2012, e em 2014 ainda não foi encontrado nenhum registro. Gráficos foram incluídos para mostrar comparativos sobre as palavras-chave pesquisadas na base *Derwent Innovations Index* como: os países que possuem estas patentes, os anos em que teve maior número de depósitos e quais códigos internacionais de patentes que obtiveram maior quantitativo de depósitos, os CIP's. Desta maneira, conclui-se que novas pesquisas podem ser realizadas partindo destes comparativos demonstrados no trabalho, incorporando as tecnologias *ZigBee*, redes sem fio (*Wireless*) e computação em nuvem (*Cloud Computing*).

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PROCC), ao grupo de pesquisa do Instituto Federal de Sergipe (IFS) e ao Departamento de Computação (DCOMP) pelo apoio durante a realização deste trabalho.

-
1. ZigBee Alliance. ZigBee Specification Overview.[acessado o em 03 julho 2014]. Disponível em: <http://www.zigbee.org/Specifications/ZigBee/Overview.aspx>
 2. Ceptro.Br. Centro de Estudos e Pesquisas em Tecnologia de Redes e Operações. [acessado em 10 maio 2014]. Disponível em: <http://ceptro.br>

3. Alencar MS de, Souza MP, Queiroz WJL de, et. al. Redes de sensores sem fio: aplicações, tendências e desafios. Fortaleza: SBRT – 31º Simpósio Brasileiro de Telecomunicações, 2013. [acessado em 11 maio 2014]. Disponível em: http://www.sbrrt.org.br/sbrrt2013/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=77&lang=br
4. Mlafaya H, Tomas L, Paulo J. Sensorização sem fios sobre ZigBee e IEEE 802.15.4. SBRT 2013. [acessado em 10 maio 2014]. Disponível em: <http://gredes.ifto.edu.br/wp-content/uploads/redessensores03.pdf>
5. Gama K, Álvaro A, Peixoto E. Em Direção a um Modelo de Maturidade Tecnológica para Cidades Inteligentes. SBSI – VIII Simpósio Brasileiro de Sistemas da Informação. 2012. [acessado em 02 junho 2014]. Disponível em: <http://www.lbd.dcc.ufmg.br/colecoes/sbsi/2012/0018.pdf>
6. SantosLAF, Campiolo R, Gerosa MA, Batista DM, Anais / 31 Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. Brasília: SBRC, 2013. 791 p. [acessado em 20 abril 2014]. Disponível em: <http://sbrc2013.unb.br/files/anais/trilha-principal/artigos/artigo-55.pdf>
7. Odilson V, Milack AV. Uma nova classe de mensagens para redes IEEE 802.15.4. [acessado em 12 maio 2014]. Disponível em: http://sbrrt.org.br/sbrrt2012/publicacoes/98748_1.pdf
8. Derwent Innovation Index. Web of Science. [acessado em 11 maio 2014]. Disponível em: http://apps.webofknowledge.com.ez20.periodicos.capes.gov.br/DIIDW_GeneralSearch_input.do?product=DIIDW&search_mode=GeneralSearch&SID=1EwD9Q5p7Iyh9RjIKra&preferencesSaved=
9. Inpi, Instituto Nacional de Propriedade Intelectual. Classificação de Patentes. [acessado em 10 maio 2014]. Disponível em: <http://www.inpi.gov.br>
10. Costa TM, Nunes MASN. Prospecção de patentes de personalidade nos jogos. Cadernos de Prospecção. 2014;7: 50-52.
11. Capes. Banco de Teses da Capes. 2013. [acessado em 11 maio 2014]. Disponível em: <http://capesdw.capes.gov.br/capesdw/>
12. Science Direct. 2013. [Acesso em 10 maio 2014]. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>
13. IEEE Xplorer. Institute of Electrical and Electronics Engineers Xplorer Digital Library. 2013. [acessado em 11 maio 2014]. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>
14. Scopus. SciVerseScopus. 2013. [acessado em 11 maio 2014]. Disponível em: <https://www.scopus.com>
15. Patentes Online. [acessado em 30 junho 2014]. Disponível em: <http://www.patentesonline.com.br/classificacoes/>