

LIGA DO ENSINO DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO UNIVERSITÁRIO DO RIO GRANDE DO NORTE
ESPECIALIZAÇÃO EM REDES DE COMPUTADORES

MARCUS ANDRÉ RODRIGUES E SILVA

INTERNET DAS COISAS:
UM ESTUDO DE CASO DE UMA APLICAÇÃO DE MONITORAMENTO MÉDICO

NATAL/RN

2015

MARCUS ANDRÉ RODRIGUES E SILVA

INTERNET DAS COISAS:

UM ESTUDO DE CASO DE UMA APLICAÇÃO DE MONITORAMENTO MÉDICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), como requisito final para obtenção do título de Especialista em Redes de Computadores.

Orientador: Prof. M.Sc. Aluízio Ferreira da Rocha Neto

NATAL/RN

2015

Catálogo na Publicação – Biblioteca da UNI-RN
Setor de Processos Técnicos

Silva, Marcus André Rodrigues e.

Internet das coisas: um estudo de caso de uma aplicação de monitoramento médico / Marcus André Rodrigues e Silva. – Natal, 2015.
32 f.

Orientador: Prof. M.Sc. Aluizio Ferreira da Rocha Neto.

Monografia (Especialização em Redes de Computadores) – Centro
Universitário do Rio Grande do Norte.

1. Redes – Monografia. 2. Internet – Monografia. 3. Internet das Coisas
– Monografia. 4. Monitoramento – Monografia. I. Rocha Neto, Aluizio
Ferreira da. II. Título.

RN/UNI-RN/BC

CDU 004.72

MARCUS ANDRÉ RODRIGUES E SILVA

INTERNET DAS COISAS:

UM ESTUDO DE CASO DE UMA APLICAÇÃO DE MONITORAMENTO MÉDICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro Universitário do Rio Grande do Norte (UNI-RN), como requisito final para obtenção do título de Especialista em Redes de Computadores.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Aluizio Ferreira da Rocha Neto
Orientador

Professor Convidado
Membro

Professor Convidado
Membro

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso visa explicar os conceitos referentes a Internet das Coisas ou *Internet of Things* (IoT), descrevendo ferramentas como sensores e os softwares Guardiã Cloud e EcoDif abordados durante seu desenvolvimento. Será discutido os principais aspectos da IoT, um termo que surgiu junto com a criação dos dispositivos, que hoje podem acessar redes para se comunicar e trocar informações. Com o uso destes dispositivos pode-se otimizar e facilitar tarefas como coletar informações das coisas e dos ambientes onde se encontram. A implementação do trabalho tem como objetivo montar uma infraestrutura para IoT com servidor responsável por coletar, armazenar e também permitir a visualização das informações geradas por sensores de temperatura, para monitoração de pacientes e ambientes. A empresa ZabWeb aplica essa nova tecnologia no desenvolvimento de sistemas embarcados para o monitoramento remoto de pacientes, coletando atividades, como: eletrocardiograma (ECG), frequência cardíaca, nível de triglicérides, pulsação, respiração, pressão, temperatura corporal, etc.

Palavras-chave: Redes. Internet. Internet das Coisas. Monitoramento.

ABSTRACT

This course conclusion work aims to explain concepts related to Internet of Things (IoT), describing tools as sensors and software Cloud Guardian and EcoDif addressed during its development. Discussed the main aspects of IoT, a term that came along with the creation of devices that can now access networks to communicate and exchange information. The use of these devices can optimize and facilitate tasks such as collecting information of things and environments where they are. The implementation of the work aims to put together an infrastructure for IoT with server to collect, store, and also allow viewing of information generated by temperature sensors for patient and environments monitoring. The company ZabWeb apply this new technology in the development of embedded systems for remote patient monitoring, collecting activities, such as electrocardiogram (ECG), heart rate, triglycerides, pulse, respiration, blood pressure, body temperature, etc.

Keywords: Networks. Internet. Internet of Things. Monitoring.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Dispositivos conectados por pessoas.....	11
Figura 2 – Dispositivo sensível ao contexto.	14
Figura 3 – Placa e-Health Sensor e sensor biométrico.	25
Figura 4 – Monitoramento remoto com envio para a EcoDiF	27
Figura 5: Funcionamento do monitoramento remoto dos pacientes.....	27
Figura 6 – Histórico dos batimentos cardíacos via interface Web da EcoDiF.....	29

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ECG	Eletrocardiograma
EcoDif	Ecosistema de Internet of Things
EEML	Extended Environments Markup Language
IBSG	Cisco Internet Business Solutions Group
IoT	Internet of Things
IPv4	Internet Protocol versão 4
IPv6	Internet Protocol versão 6
M2M	Machine-to-Machine
NFC	Near Field Communications.
QoS	Quality of service
RFID	Radio Frequency Identification
RSSF	Redes de Sensores Sem Fio
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
TIC	Tecnologia da Informação e comunicação
WoT	Web of Things
WSAN	Wireless Sensor e Actuator Networks

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 OBJETIVOS	9
1.1.1 Objetivos Geral	9
1.1.2 Objetivos Específicos	9
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 INTERNET DAS COISAS	10
2.2 ARQUITETURA DAS REDES.....	15
2.3 PLATAFORMAS DE MIDDLEWARE PARA IOT	17
2.4 USO DO ENDEREÇAMENTO IPV6	18
2.5 SEGURANÇA E PRIVACIDADE.....	20
3 IMPLANTAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NA AREA MÉDICA	21
3.1 CENÁRIO	21
3.2 ADOÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DO PACIENTE	22
3.3 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS EXISTENTES NO MERCADO	23
3.3.1 Levantamento das alternativas	23
3.3.2 Solução escolhida	23
3.3.1.1 Solução 1: Guardiã Cloud	23
3.3.1.2 Solução 2: EcoDiF	23
3.4 IMPLANTAÇÃO DO MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES.....	24
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

Organiza-se a cronologia da Internet em três fases (ou gerações) para entender as várias mudanças decorrentes do seu processo de evolução, a saber:

1. Internet das Máquinas;
2. Internet das Pessoas;
3. Internet das Coisas.

A Internet originalmente foi concebida para conectar máquinas, que são dispositivos fixos e, por essa razão, fazemos referência a essa era como a "Internet das Máquinas". Fica evidente que nessa primeira era não existe nenhum suporte à mobilidade, afinal prédios não andam por aí!

A popularização comercial da Internet (web) a partir da década de 1990 e a disseminação maciça dos dispositivos móveis a partir do início do século XXI deram origem a uma nova era em que o elemento mais importante deixa de ser a máquina e passa a ser o próprio usuário. Nessa era, as pessoas estão conectadas às redes sociais da Internet em qualquer lugar, por meio de vários dispositivos, seja um computador tradicional ou dispositivo móvel, a exemplo de tablets e smartphones.

Atualmente estamos passando por um período de transição para a chamada Internet das coisas, ou IoT (acrônimo de *Internet of Things*), em que qualquer coisa poderá estar conectada à Internet para os mais diversos fins. Por exemplo, os carros terão endereços e estarão conectados à rede, o que já é uma realidade em alguns veículos lançados no mercado. Além disso, poderemos conectar os televisores, as geladeiras, as cafeteiras, sensores telemétricos, as lâmpadas, as fechaduras da nossa casa e qualquer outra coisa.

Isso é possível graças à evolução da eletrônica embarcada, que viabiliza a construção de chips cada vez menores e com maior poder computacional. Contudo, é importante destacar que todo esse avanço ubíquo na conectividade somente será realmente viável quando tivermos o IPv6 efetivamente operacional na Internet, afinal o IPv4 não suporta essa quantidade de dispositivos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivos Geral

Este trabalho tem como objetivo principal a apresentação de conceitos básicos e das tecnologias necessárias ao funcionamento do monitoramento de pacientes que fazem uso da IoT, seguido de um estudo de caso sobre a implantação da ferramenta de monitoramento de pacientes nos hospitais ou nas residências dos pacientes.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral, as seguintes etapas foram seguidas na confecção deste documento:

- Problemas usuais em sistemas de monitoramento de pacientes;
- Análise dos equipamentos de monitoramento de pacientes;
- Escolha dos sistemas de monitoramento de pacientes;
- Estudo de caso sobre a implantação do sistema de monitoramento de pacientes nos hospitais ou em suas residências.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Este trabalho está organizado da seguinte forma. O capítulo 2 apresenta o referencial teórico, contendo os conceitos, técnicas e protocolos utilizados em sistemas de monitoramento de pacientes. O capítulo 3 apresenta um estudo de caso, apresentando o cenário pós-instalação nos hospitais ou residências dos pacientes monitorados, e o capítulo 4 as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTERNET DAS COISAS

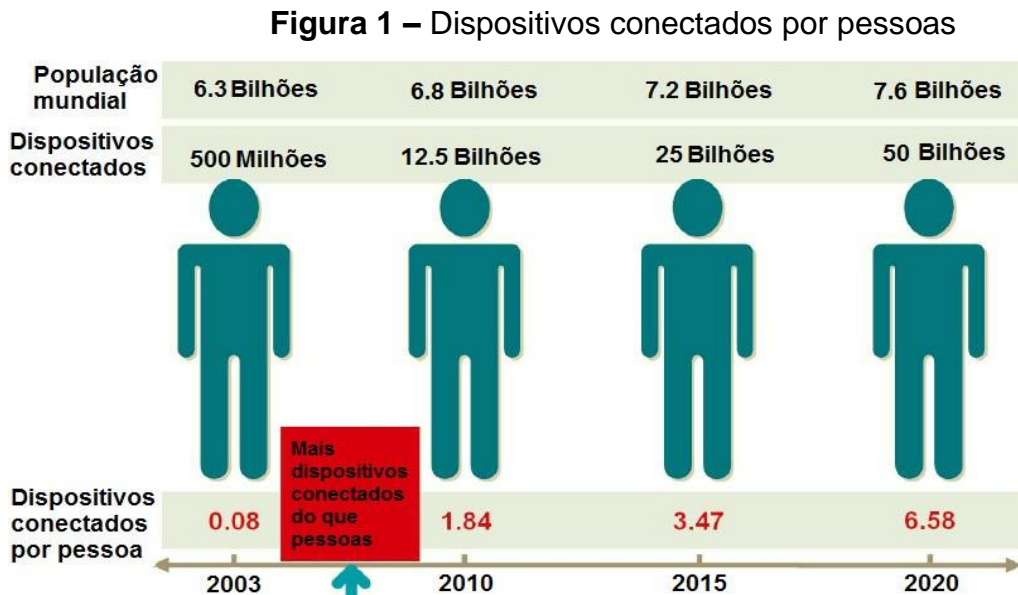
A Internet das Coisas do inglês *Internet of Things* (IoT) (ATZORI; .IERA; MORABITO, 2010) é um paradigma que preconiza um mundo de objetos físicos embarcados com sensores e atuadores, conectados por redes sem fio e que se comunicam usando a Internet, moldando uma rede de objetos inteligentes capazes de realizar variados processamentos, capturar variáveis ambientais e reagir a estímulos externos. Esses objetos interconectam-se entre si e com outros recursos (físicos ou virtuais) e podem ser controlados através da Internet, permitindo o surgimento de uma miríade de aplicações que poderão se beneficiar dos novos tipos de dados, serviços e operações disponíveis. A IoT é uma das principais tecnologias emergentes que contribuem para concretizar novos domínios de aplicação das tecnologias de informação e comunicação (TICs), a exemplo do domínio de cidades inteligentes, no qual o uso de tecnologias avançadas de comunicação e sensoriamento visa prover serviços de valor agregado para os órgãos administrativos de tais cidades e para seus cidadãos (ZANELLA et al., 2014).

Conforme Tan e Wang (2010), as conexões com a Internet eram realizadas principalmente através de dispositivos utilizados diretamente pelas pessoas, tais como celulares e computadores, sendo que a forma de comunicação mais utilizada, ocorria entre as pessoas.

Desta forma, atualmente o termo rede de computadores, pode ser considerado um pouco desatualizado, pois já é possível conectar outros equipamentos a Internet, além de computadores, como TVs, dispositivos que realizam sensoriamento, veículos, dispositivos de segurança e uma infinidade de outros dispositivos. Isto vem ocorrendo desde a década de 1990 (KUROSE; ROSS, 2010).

IoT representa o momento em que coisas ou objetos conectados à Internet ultrapassa a quantidade de pessoas, gerando e recebendo um número maior de tráfego. No ano de 2003, havia cerca de 6,3 bilhões de habitantes no planeta e 500 milhões de dispositivos conectados à Internet, resultando em menos de um (0,08) dispositivo por pessoa. Nesta época a IoT ainda não existia, se observado o número de coisas conectadas (EVANS, 2011).

Com o uso crescente de smartphones e tablets, elevou-se o número de dispositivos conectados à Internet para cerca de 12,5 bilhões em 2010, elevando o número de dispositivos conectados por pessoa para mais de 1 (1,84) pela primeira vez (EVANS, 2011).



Fonte: Adaptado de Evans (2011)

Ao observar a Figura 1, que faz parte de uma pesquisa da Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG), constata-se que a quantidade de dispositivos conectados a Internet terá um grande aumento nos próximos anos. Conseqüentemente, o número de dispositivos conectados por pessoas também terá um crescente avanço (EVANS, 2011).

Segundo a Cisco IBSG haverá 25 bilhões de dispositivos conectados à Internet em 2015 e 50 bilhões em 2020. Esta estimativa não leva em consideração rápidos avanços na tecnologia da Internet ou dispositivos. Além disso, o número de dispositivos conectados por pessoa acaba sendo um valor baixo, pois o cálculo é baseado na população total, apesar de muitas pessoas ainda não estarem conectadas à Internet (EVANS, 2011).

Neste novo modelo de Internet, a comunicação vai ser realizada não apenas entre pessoas, mais também entre pessoas e coisas e entre os próprios objetos (Também conhecida como M2M, Machine-to-Machine). Isso se tornará uma mistura do mundo físico com o mundo da informação. Para que isso seja possível cada objeto poderá se comunicar com outro, com o auxílio de uma forma única de

identificação, como já ocorre na Internet atual (TAN; WANG, 2010).

Considerando que os objetos comuns receberão endereços de identificação, como ocorre com computadores e outros dispositivos que utiliza-se para acesso a Internet atualmente, entende-se que os mesmos poderão ser acessados via web, da mesma forma que os sites (MOTA, D. G.; ZANATTA, L., 2013).

Atzori, Iera e Morabito (2010) comentam que as contribuições mais relevantes para a Internet das Coisas são as tecnologias de rastreamento com fio, e redes de sensores e atuadores sem fio, além de protocolos de comunicação avançados, e a incorporação de inteligência aos objetos.

Através dos vários conceitos existentes sobre a Internet das Coisas e dos debates a envolvendo, nota-se um grande interesse nesta questão por muitas pessoas. A primeira parte de seu nome revela uma visão orientada a rede de Internet, a segunda parte traz consigo a ideia de objetos genéricos. Porém juntas, estas palavras assumem um significado que atinge um nível de inovação atualmente no mundo da TI (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Com o uso da Internet tão presente, esta encontra-se de forma Ubíqua em nosso cotidiano. Embora a Computação Ubíqua possa ser confundida com a Computação Pervasiva, pois estas possuem características parecidas, a Ubíqua não possui como característica principal a interação entre objetos e não precisa necessariamente da infraestrutura da Internet (SILVA; ROCHA, 2012).

Vicentini et al. (2010) afirmam que a Computação Ubíqua tem como característica fazer com que a computação se torne invisível ao usuário. Isso possibilitará que ele utilize a computação de forma natural na realização de suas atividades, sem haver preocupação em instalar, configurar e manter os recursos computacionais.

A Computação Ubíqua foi proposta por Mark Weiser. A partir deste conceito surgiram outras sugestões utilizando as tecnologias de dispositivos móveis e redes sem fio. Uma delas foi a Computação Pervasiva. Esta foi proposta pela IBM no ano de 1998 e sugere que em ambientes com diversos dispositivos, os usuários possam obter acesso a informações e recursos computacionais em qualquer local, qualquer hora e com qualquer dispositivo (VICENTINI et al., 2010).

Conforme Dohr et al (2010), em ambientes inteligentes, os objetos são capazes de registrar as mudanças no ambiente físico e podem interagir com os processos. De certa forma estes ambientes inteligentes são responsáveis por tornar

tarefas cotidianas mais fáceis (SILVA; ROCHA, 2012).

Quando os objetos possuírem capacidade de processamento integrado, estes vão receber habilidades inteligentes. Desta forma, poderão adquirir uma identidade eletrônica, que por sua vez serão acessadas remotamente. Estes também poderão receber sensores para detectar mudanças físicas no ambiente onde se encontrarem. Como resultado disso, os objetos sem vida passarão a ser dinâmicos e comunicantes (SANTAELLA, 2008).

Tan e Wang (2010) declaram que no ambiente da Internet das Coisas, os objetos recebem três características: inteligência, conectividade e interação.

Os objetos estão incorporando inteligência (primeira característica), ou seja, estão desempenhando tarefas automaticamente. Contudo estes objetos inteligentes trabalham sozinhos e localmente, sem relação com a rede. Na verdade, esses objetos só passarão a serem inteligentes quando forem conectados a Internet (segunda característica), caso contrário eles serão entendidos como objetos dotados de recursos preconcebidos pelas pessoas. Esta conexão se dará com fio ou sem fio. (TAN; WANG, 2010).

Por último será analisado a terceira característica deste processo, a interação. De acordo com Tan e Wang (2010) a interação entre as coisas não se dará apenas pela interconexão entre elas. É necessário que as mesmas possam processar informações, autoconfigurar-se, realizar sua automanutenção, seu autorreparo, e obter decisões sozinhas. Desta forma elas poderão trocar informações entre si.

Estes objetos são sensíveis ao contexto. Desta forma são capazes de adaptar suas operações sem a necessidade de intervenção explícita do usuário. O mesmo é capaz de receber informações do ambiente e fornecer estas informações e/ou serviços que são relevantes para o usuário realizar suas tarefas, gerando a interação entre um usuário e uma aplicação. (CIRILO et al, 2010).

A Figura 2 mostra o primeiro computador sensível ao contexto desenvolvido. Ele foi produzido no ano de 1992 pela Xerox Palo Alto Research Center (PARC) e este ficou conhecido como Xerox ParcTab (WANT et al., 2002a).

Figura 2 – Dispositivo sensível ao contexto.



Fonte: Want et al. (2002a)

Através de diversas tecnologias, vistas com maiores detalhes no próximo capítulo, serão emitidos dados a partir de lugares e coisas. Essas informações serão processadas através de dispositivos sem fio como celulares, Global Positioning System (GPS) e etiquetas de identificação Radio Frequency Identification (RFID). Estes dados poderão ser utilizados para várias funções, como: monitoramento, vigilância, mapeamento, geoprocessamento (Geographic Information System – GIS) e para localização de algo (SANTAELLA, 2008).

De acordo com Atzori, Iera e Morabito (2010) a Internet das Coisas torna possível o desenvolvimento de um grande número de aplicações, sendo possível desenvolvê-la em diversas áreas e ambientes. Entre algumas das suas utilidades, está a aplicação em veículos para controle de trânsito, monitoramento de ambientes com a medição de temperatura e umidade, por exemplo, e até mesmo na área da saúde para monitoramento de pacientes.

Segundo Tan e Wang (2010) na atualidade já existem aplicações bem-sucedidas aplicadas através da IoT em diferentes áreas como varejo, alimentos, logística e transporte. Desta forma apesar da IoT prever uma grande quantidade de aplicações muitas já são utilizadas. Já existem diversos grupos de pesquisas nesta área. No Brasil, pode-se citar um fórum de discussão de um grupo da universidade de São Paulo (USP) (SILVA; ROCHA, 2012).

2.2 ARQUITETURA DAS REDES

Tanenbaum e Wetherall (2011) alegam que a arquitetura de rede é composta por um conjunto de camadas e protocolos. As redes são divididas em camadas, ou seja, em níveis, para que cada camada forneça determinados serviços às camadas superiores. Dessa forma acaba-se reduzindo a complexidade do projeto.

Já os protocolos são utilizados para uma espécie de acordo entre as camadas que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação. Se uma camada de um computador se comunica com outra camada de outro computador, as regras utilizadas nesta comunicação serão especificadas através de um protocolo específico para aquela situação (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Sendo assim no desenvolvimento de um software ou hardware é necessário se basear nas especificações de uma arquitetura, para que este obedeça corretamente ao protocolo adequado, garantindo a interoperabilidade (compatibilidade) entre diversas tecnologias (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).

Para projetar uma arquitetura de rede é necessário definir a rede, sabendo-se quais serão as funcionalidades fornecidas e como são organizadas as mesmas. Um sistema de comunicação pode ser considerado um sistema complexo. Desta forma, este divide as funcionalidades em módulos para facilitar a resolução dos problemas (MOREIRA et al., 2009).

A arquitetura atual da Internet é composta por cinco camadas, utilizando os protocolos TCP/IP, que foram úteis durante muito tempo. Contudo com a Internet das Coisas, muitos objetos passarão a serem conectados, gerando um tráfego muito grande e necessitando maior capacidade de armazenamento de dados (TAN; WANG, 2010).

Tan e Wang (2010) relatam que quando a Internet foi projetada na década de 1970, as necessidades de uso e padrões de tráfego eram bastante diferentes da atual. Assim a incompatibilidade entre o projeto original e o uso atual está neste momento dificultando o potencial da Internet.

Além do projeto inicial já não se ajustar às necessidades atuais da Internet, atualmente esta arquitetura apresenta alguns problemas que ainda não foram solucionados, o que impede o atendimento dos requisitos para novas aplicações e serviços (MOREIRA et al, 2009).

Sendo assim existe a necessidade de desenvolver uma nova arquitetura que possa comportar as carências da Internet das Coisas. Porém desenvolver uma nova arquitetura é um grande desafio. Para isso deve-se considerar diversos fatores, tais como, confiabilidade, escalabilidade, modularidade, interoperabilidade, a interface e QoS (TAN; WANG, 2010).

Um dos requisitos fundamentais na estruturação da arquitetura para a Internet do futuro é a flexibilidade, para garantir que a rede tenha a capacidade de ser alterada e evoluída (MOREIRA et al., 2009).

De acordo com Chen e Jin (2012), seguindo as recomendações da International Telecommunication Union (ITU), a arquitetura de rede utilizada pela Internet das Coisas consiste nas camadas de detecção, acesso, rede, middleware e aplicação.

Chen e Jin (2012) explicam, a seguir, as principais funções dessas camadas que compõem a arquitetura IoT:

- **Camada de detecção:** captura as informações através dos vários tipos de sensores e compartilha com as unidades relacionadas da rede.
- **Camada de acesso:** responsável pela transferência de informações da camada de detecção para a camada de rede através de redes móveis, tais como redes sem fio e redes de satélites.
- **Camada de rede:** a tarefa principal é integrar os recursos de informação da rede com a plataforma de Internet, e estabelecer uma infraestrutura eficiente e confiável para aplicações de grande escala.
- **Camada de middleware:** a característica principal desta camada é o gerenciamento e controle de informações sobre a rede em tempo real, além de proporcionar uma interface utilizada para a aplicação da camada superior.
- **Camada de aplicação:** a principal função desta camada é integrar as funções do sistema, e construir a aplicação prática de diversas atividades, como as redes e transporte inteligentes, monitoramento de desastres e da agricultura e assistência médica à distância.

A middleware é uma camada de software ou de um conjunto de subcamadas interposta entre a tecnologia e os níveis de aplicações. Nos últimos anos a middleware esta tendo grande relevância no desenvolvimento de novos serviços e integração de tecnologias. Desta forma, o uso da arquitetura middleware está sendo apontado para a Internet das Coisas (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

2.3 PLATAFORMAS DE MIDDLEWARE PARA IOT

O primeiro desafio diz respeito a heterogeneidade dos ambientes de IoT, a qual demanda soluções para permitir a interoperabilidade e integração dos diversos componentes que fazem parte desses ambientes. Nesse contexto, plataformas de middleware têm surgido como soluções promissoras para prover tal interoperabilidade e gerenciar a crescente variedade de dispositivos associados a aplicações, bem como o consumo de dados por parte dos usuários finais (TEIXEIRA et al. 2011). Tais plataformas são inseridas entre as aplicações e a infraestrutura (de comunicação, processamento e sensoriamento) subjacente, provendo um meio padronizado para o acesso aos dados e serviços fornecidos pelos objetos através de uma interface de alto nível (BANDYOPADHYAY et al., 2011). A adoção de uma plataforma de middleware também pode contribuir para facilitar a construção de aplicações para IoT. Nesse contexto, o desafio reside no fato de que, a fim de permitir a criação de aplicações que combinem recursos do mundo físico disponibilizados via Web, são necessários modelos de alto nível que abstraíam os serviços e dispositivos físicos subjacentes. Com isso, usuários e aplicações consumidores dos dados originados dos dispositivos conectados não precisarão lidar com funcionalidades de baixo nível para a manipulação de tais objetos (DELICATO et al., 2013a). Outros desafios concernem à enorme escalabilidade desses ambientes, em termos do número de dispositivos conectados, à necessidade de gerenciar tais dispositivos e ao grande volume de dados produzidos (MOTA, D. G.; ZANATTA, L., 2013).

Existem várias propostas de middleware para IoT, cada uma atendendo um subconjunto dos requisitos necessários para viabilizar tais ambientes, principalmente no que tange a comunicação entre dispositivos heterogêneos. O desenvolvimento de plataformas de middleware especificamente voltadas para ambientes de IoT é uma área de pesquisa recente que tem atraído a atenção da indústria e da comunidade acadêmica. Os trabalhos descritos por Pires, P. F. et al. (2014), QIN et al. (2011) e GAO, ZHANG e SUN (2011) são alguns exemplos de plataformas concebidas para endereçar alguns dos desafios anteriormente descritos, principalmente com relação à integração transparente de dispositivos heterogêneos e à provisão de mecanismos de alto nível para desenvolvimento de aplicações. Contudo, tais propostas ainda não atingiram um nível de maturidade, requerendo esforços de pesquisa adicionais,

como: (i) a construção de infraestruturas robustas e tolerantes a falha para gerenciar e processar dados provenientes dos vários dispositivos integrados; (ii) o gerenciamento de incertezas e resolução de conflitos, e; (iii) suporte à adaptação de aplicações sob condições dinâmicas do ambiente.

No contexto de IoT, a falta de padronização existente na área faz com que tais plataformas de middleware adotem diferentes modelos de programação que, em geral, não são compatíveis entre si, gerando silos verticais que são ainda um obstáculo à plena interoperabilidade requerida por esse paradigma. Outras limitações das soluções existentes dizem respeito ao fato de elas não abordarem requisitos de escalabilidade de forma apropriada, fornecerem modelos inadequados de governança, e negligenciarem questões de privacidade e segurança na sua concepção. Finalmente, faz-se ainda necessária a inclusão de mecanismos para lidar com a massiva quantidade de dados (também potencialmente heterogêneos) produzidos pelos dispositivos interconectados. Tais dados devem ser manipulados de forma eficiente em termos do consumo de recursos dos dispositivos e, ao mesmo tempo, atender as demandas de aplicações, muitas delas em tempo real ou quase real. Nesse sentido, faz-se necessária a criação de arquiteturas de referência que definam um conjunto inicial de blocos de construção para ambientes de IoT, levando em conta todos os requisitos desses ambientes, e forneçam uma base sólida para alavancar sua ampla adoção.

Uma arquitetura de referência pode ser entendida como uma arquitetura abstrata que envolve conhecimento e experiências em um domínio de aplicação específico, sendo capaz de facilitar e guiar o desenvolvimento, a padronização e a evolução de sistemas de software em tal domínio (CLOUTIER et al., 2010; NAKAGAWA; ANTONINO; BECKER, 2011).

2.4 USO DO ENDEREÇAMENTO IPV6

Durante esta subseção será visto mais um dos assuntos definidos como desafios para a IoT. Assim discutira-se o motivo para a utilização de um novo tipo de endereçamento (IPv6) e de uma versão de protocolo específico para a Internet das Coisas.

A realização da IoT requer a implementação do Internet Protocol (IP). Esta prática de atribuição de IPs é possível mesmo em dispositivos que possuem

recursos limitados. Devido ao avanço do IP e seu desempenho melhorado, este garantirá a escalabilidade em sistemas de IoT. (ALAM; CHOWDHURY; NOLL, 2011).

A versão de endereçamento mais difundida é o IPv4, porém a mesma possui uma quantidade de IPs limitada atualmente. A cada dia existe mais dispositivos conectados a Internet e recebendo endereçamento IP, levando a escassez dos endereços. (MOREIRA et al., 2009).

Este aumento de dispositivos tem levado ao uso de um novo protocolo para a Internet, que é caracterizado pelo aumento de espaço de endereço, para suportar todos os dispositivos existentes e os novos (JARA; ZAMORA; SKARMETA, 2010).

Para solucionar tal problema, foi proposto o protocolo IPv6, que para acabar com a falta de IPs estende o endereço IP de 32 para 128 bits. No entanto este tem sofrido dificuldade para a implementação, pois não é interoperável com a versão anterior ainda utilizada, o IPv4 (MOREIRA et al., 2009).

A escassez dos endereços IPv4 sucedeu-se em fevereiro de 2010. Apesar de não ter causado um grande impacto pelo público em geral, esta condição tem a capacidade de atrasar o progresso da IoT, já que bilhões de novos dispositivos precisam de endereços IP únicos (EVANS, 2011).

Através de um fórum originado em setembro de 2008, composto por 25 empresas, desenvolveu-se um projeto com o intuito de criar um protocolo de rede. Este promoveria a conexão de objetos espalhados por diversos lugares do mundo. Surgiu então o IPSO, um IP específico para objetos inteligentes (Smart Objects). (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Este novo IP permitirá que uma grande quantidade de dispositivos de comunicação se conecte, podendo tornar a Internet das Coisas uma realidade. Desta forma, com a IoT será proposto a simplificação do IP atual e a incorporação da norma IEEE 802.15.4 na arquitetura IP. Sendo assim ele será adaptado a qualquer objeto, fazendo com que esses objetos obtenham endereços e sejam acessíveis a partir de qualquer local (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

A norma IEEE 802.15.4 define as camadas física e MAC utilizados para baixo consumo de energia, além de realizar o controle de acesso a redes sem fio pessoais com baixas taxas de transmissões (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

2.5 SEGURANÇA E PRIVACIDADE

O assunto segurança e privacidade deve ser tratado com cuidado, já que diz respeito a segurança dos usuários da Internet, que agora passaram a lidar com objetos inteligentes conectados a mesma.

Atualmente, as ameaças à segurança espalham-se rapidamente pela Internet. Sendo assim os ataques acabam se tornando cada vez mais robustos e se adaptam as mudanças dos mecanismos de defesas. Apesar disso, a arquitetura atual da Internet não comporta nenhum método que limite as ações maliciosas e que proteja os dispositivos da rede (MOREIRA et al., 2009).

No modelo inicial da Internet não era necessário utilizar técnicas para aplicar segurança e privacidade, pois estas questões não faziam parte do projeto. Diferentemente deste modelo, para a aceitação generalizada da IoT, são necessários mecanismos que tornem a Internet um meio seguro, sendo possível haver privacidade ao utilizá-la (TAN; WANG, 2010).

Tecnologias como etiquetas RFID incluídas em objetos pessoais, podem responder a consultas, com sua identificação e outras informações. Isso permite um mecanismo de vigilância que irá fazer parte da vida das pessoas. Com isso será praticamente impossível realizar um controle da divulgação dos dados pessoais, gerando a falta de privacidade (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Para isso é necessário garantir um controle rigoroso na interação do serviço IoT. Dentre os requisitos podem ser considerados a confidencialidade, integridade, autenticidade, privacidade e disponibilidade (ALAM; CHOWDHURY; NOLL, 2011).

Observando-se que a Internet das Coisas necessita métodos para elevar a sua segurança, são indicados alguns outros requisitos para esta nova Internet.

Moreira et al. (2009) cita defesas contra ataques de negação de serviço, a autenticação eficiente dos usuários e dispositivos, o desenvolvimento de um sistema confiável que module o nível de transparência do serviço que a camada de rede oferece conforme as preferências do usuário, além da utilização de um sistema de responsabilização na rede.

Responsabilização diz respeito a associar uma ação realizada à entidade responsável pela mesma, possibilitando a punição ou premiação de entidades de acordo com as atitudes tomadas (MIRKOVIC; REIHER, 2008).

3 IMPLANTAÇÃO DA INTERNET DAS COISAS NA AREA MÉDICA

3.1 CENÁRIO

Ambientes hospitalares necessitam de monitoramento constante. Por se tratarem de ambientes críticos, onde pequenos problemas podem resultar em perdas de vidas humanas, existe uma série de regulamentações que disciplinam as condições nas quais tais ambientes devem estar para serem considerados aptos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), órgão responsável pela fiscalização de unidades hospitalares, aponta em seu manual de tecnovigilância (ANVISA, 2010) as possíveis falhas de acompanhamento e situações adversas que podem ocorrer em um ambiente hospitalar, considerando desde a falta do correto acompanhamento da temperatura e umidade de certos setores, como ambientes que possuem acomodação e espera dos pacientes (ANVISA, 2003), bem como o armazenamento de vacinas e medicamentos em condições aceitáveis.

Em uma rotina hospitalar o monitoramento dos pacientes deve se manter conforme o tipo de medicamento a qual se necessita. Entretanto, o procedimento adotado atualmente em diversas unidades hospitalares para o monitoramento de tais condições é realizado de forma manual. Em horários pré-definidos, um técnico de enfermagem se dirige ao ambiente monitorado, e preenche uma planilha de controle, contendo a verificação das condições do paciente: pulsação, batimentos cardíacos, etc. Assim como do ambiente do leito: temperatura/umidade obtido através de leitura manual em um marcador de termômetro digital.

Uma maneira de resolver esses problemas é automatizar o processo de coleta de informações. Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é apresentar uma proposta de solução para o monitoramento de paciente, bem como o ambiente que pode ser facilmente customizada para diversos cenários. Nossa solução é baseada em conceitos de Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT) (ASHTON, 1999) e computação autônoma (IBM CORP., 2004). A internet das coisas (IoT) propõe que sistemas computacionais sejam formados por diversos dispositivos produtores e/ou consumidores de informação, com ênfase na comunicação entre máquinas, ou *machine-to-machine*, oferecendo uma solução para a coleta e armazenamento de tais informações. Por outro lado, conceitos de computação autônoma, como o *feedback-control loop*, permitem sistematizar a forma como as informações

coletadas podem ser analisadas e utilizadas para a tomada de decisões em resposta a possíveis situações adversas.

Para demonstrar a viabilidade de nossa proposta, desenvolvemos uma ferramenta protótipo EcoDif que permite a coleta e controle de informações de diferentes estruturas, seguindo a premissa da “Internet das Coisas”. Como estudo de caso, esta ferramenta está sendo utilizada em um ambiente hospitalar. Este tipo de ambiente foi escolhido por possuir diversas regulamentações que disciplinam quais informações devem ser coletadas, e quais são os valores aceitáveis para essas informações. Desse modo, acreditamos que, com a utilização de nossa ferramenta, em conjunto com uma série de “coisas” monitorando o ambiente, será possível evitar que falhas ocorram sem que se saiba o motivo, ou que se possa tomar algum tipo de ação para evitar, por exemplo, o descarte de medicamentos e/ou vacinas.

3.2 ADOÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO DO PACIENTE

Em meados do ano de 2014, o recém-empossado Diretor Geral do hospital público federal elegeu como uma das metas de sua gestão a implantação de um sistema de monitoramento dos pacientes e ambiente hospitalar. Os benefícios esperados com a implantação do sistema eram:

- Aumento da precisão de diagnóstico com monitoramento remoto do paciente através do uso das novas tecnologias da internet das coisas(IoT), em sistemas embarcados arduino e cobertos por assistência técnica do sistema web EcoDif;
- Estimular a utilização da solução de monitoramento remoto, visando diminuir gastos com a desocupação de leitos, além de reduzir o tempo dispensado pelos médicos, enfermeiros e técnicos de enfermagem;
- Melhor utilização de recursos do sistema embarcado(IoT): a informação e as pessoas ficam mais acessíveis e o intercâmbio de ideias e dados são tratados de maneira eficiente;
- Tomada de decisões otimizadas: as decisões não só são tomadas mais rapidamente, mas também com mais consenso e concordância de toda a equipe médica envolvida;
- Rápida gestão de crises: toda a equipe médica se reúne rapidamente, independente de onde estejam(monitoramento remoto);
- Integração e padronização dos recursos de monitoramento do paciente no hospital, permitindo a gerência e o monitoramento centralizado de falhas e de desempenho;
- Segurança: os dados que são coletados e enviados em pacotes criptografados;
- Eficiente utilização do monitoramento do paciente como instrumento de acompanhamento do médico com seu paciente em tempo real, discussão de ideias e temas, simultaneamente entre áreas ou indivíduos dispersos geograficamente.

3.3 ANÁLISE DAS ALTERNATIVAS EXISTENTES NO MERCADO

3.3.1 Levantamento das alternativas

Duas soluções foram analisadas, cujas informações sobre as principais funcionalidades e suporte seguem adiante.

3.3.1.1 Solução 1: Guardião Cloud

- Descrição: O Guardião Cloud é um sistema Web, que faz uso da IoT, a qual permite o recebimento de informações coletadas de diferentes formatos e sem um modelo pré-definido, ou seja, sem restringir quais informações podem ser enviadas/coletadas.
- Fornecedor: WeboneSystem Soluções em TI LTDA © Empresa incubada no Metrópole Digital - UFRN

3.3.1.2 Solução 2: EcoDiF

- Descrição: A EcoDiF é uma plataforma Web que faz uso da IoT para conectar dispositivos e produtos com aplicações e/ou usuários finais, a fim de fornecer funcionalidades de controle, visualização, processamento e armazenamento de dados.
- Fornecedor: ConSiste – Laboratório de Concepção de Sistemas. DIMAp - Departamento de Informática e Matemática Aplicada. UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

3.3.2 Solução escolhida

Após o alinhamento entre as regras do negócio e os requisitos tecnológicos exigidos, o hospital optou pela Solução 2 – EcoDiF, por ser mais completa e atender todos os requisitos impostos.

A EcoDiF é uma plataforma Web que faz uso da IoT para conectar dispositivos e produtos com aplicações e/ou usuários finais, a fim de fornecer funcionalidades de controle, visualização, processamento e armazenamento de

dados. A EcoDiF atuará como um núcleo de um ecossistema Internet of Things, oferecendo serviços (de software) focados: (i) na conectividade entre dispositivos e a Internet; (ii) em serviços de aplicação e (iii) em serviços de apoio. A EcoDiF pode ser usada em diversos contextos, tais como aplicações de monitoramento de paciente e hospitalar, de monitoramento de infraestrutura pública, como acompanhamento de trânsito e condições da estrada, bem como para compartilhamento de dispositivos de sensoriamento entre laboratórios acadêmicos.

3.4 IMPLANTAÇÃO DO MONITORAMENTO REMOTO DE PACIENTES

No contexto de e-health, sensores corporais são pequenos dispositivos implantados no corpo humano ou sob a roupa e que são geralmente utilizados para coletar diversos dados relativos aos sinais vitais de quem os utiliza (YUCE, 2013). Esses sensores possuem capacidades de comunicação sem fio, aumentando assim o conforto e a mobilidade do usuário e não impedindo suas atividades normais enquanto o monitoramento é realizado (SEBESTYEN et al., 2014). Nessa perspectiva, tais dispositivos são capazes de contribuir para o aumento da qualidade de serviços médicos pelo fato de permitir, a um custo relativamente baixo, a detecção de situações de emergência de maneira mais rápida, bem como um diagnóstico mais preciso a ser elaborado por profissionais de saúde.

Diversas tecnologias de uso pessoal para monitoramento do metabolismo corporal estão disponíveis atualmente no mercado, algumas delas tendo sido simplificadas e incorporadas ao dia-a-dia para auxílio à rotina de exercícios, para treinamento de atletas, ou para monitorar condições de saúde de pessoas que necessitam de acompanhamento contínuo. Sensores corporais ou unidades de sensoriamento integradas a relógios, em conjunto com aplicações para celulares e iPods, permitem o monitoramento dos dados de interesse e sua exibição na tela do dispositivo sob a forma de texto ou de pequenos gráficos, que devem ser interpretados pelo usuário, não permitindo seu acompanhamento por terceiros (PIRES, P. F., BATISTA, T. V. et al. 2015).

Nesse contexto, há disponíveis várias aplicações Web para acompanhamento de corridas, incluindo troca de informações com outros usuários. Porém, as interfaces providas não permitem monitoramento em tempo real, destinando-se apenas a coletar e exibir informações resumidas. Os dados coletados ficam

armazenados no dispositivo e são enviados para a aplicação Web quando o usuário conecta o dispositivo a um computador. Em seguida, o usuário pode visualizar estatísticas de tempo, velocidade média, consumo de calorias e até mesmo o caminho percorrido (quando somado ao GPS do dispositivo) (DELICATO, et al. 2015).

Nesse cenário, a EcoDiF pode ser usada como plataforma de integração de dispositivos de monitoramento do metabolismo corporal de um indivíduo e também para monitorar, em tempo real, as medições realizadas e disparar alertas, através de triggers, no caso de condições anormais. Para a aplicação descrita, optou-se por monitorar os batimentos cardíacos e a temperatura de um indivíduo, sendo cada uma dessas medidas cadastradas na EcoDiF como feeds. Os sensores usados para aferir tais variáveis foram: (i) um sensor de temperatura Maxim Integrated™ DS18B20 fixado no abdome do indivíduo, para medir a temperatura corporal, e; (ii) eletrodos fixados no tórax do indivíduo para a medição de batimentos cardíacos por minuto (BPM) e ligados a uma placa (shield) Cooking Hacks e-Health Sensor, que permite a integração de diversos tipos de sensores biométricos, como mostrados na Figura 3 (DELICATO et al., 2015).

Figura 3 – Placa e-Health Sensor e sensor biométrico.



Fonte: Adaptado de PIRES, P. F. (2015)

Os dados provenientes de sensores corporais podem fornecer importantes informações acerca das condições de saúde atuais de um paciente. A título de exemplo, o monitoramento da temperatura corporal pode ser útil para detectar

infecções e doenças, de modo que tal monitoramento constante permite melhor administrar o medicamento adequado. Por outro lado, outros sensores poderiam ser utilizados para confirmar alguns sintomas detectados com base na aferição da temperatura ou frequência respiratória. Através do uso de um sensor de eletrocardiograma (ECG) e da verificação da frequência de batimentos cardíacos, é possível identificar uma variedade de problemas de saúde que podem afetar um paciente, confirmando a sua condição clínica. Entretanto, a inerente heterogeneidade dos sensores que podem ser empregados dificulta a utilização sistêmica desses dados que, uma vez, combinados, permitiriam um diagnóstico mais preciso por parte dos médicos. Dessa forma, uma plataforma de middleware para IoT como a EcoDiF desempenha um papel fundamental nesse cenário, por permitir a integração desses diferentes sensores corporais acoplados a um paciente e agregação das informações por eles providas, ao mesmo tempo que possibilita monitorar, em tempo real, seus sinais vitais, e disparar alertas em caso de condições anormais (DELICATO et al, 2015).

Nessa prova de conceito, seis sensores corporais foram acoplados a um voluntário para monitoramento de seus sinais vitais e disponibilização destes na plataforma, conforme ilustrado na Figura 4:

- i) um sensor de respiração, através de uma máscara fixada no nariz do indivíduo, para medir ciclos de inalação/exalação em intervalos de um minuto;
- ii) um sensor de temperatura, fixado no braço do indivíduo, e;
- iii) um sensor de ECG com eletrodos fixados no tórax do indivíduo para a medição de batimentos cardíacos por minuto (BPMs);
- iv) um sensor de pulsação e oxigenação do sangue (SP02) fixado no dedo indicador do indivíduo;
- v) um sensor de posicionamento (acelerômetro) colocado no peito do indivíduo, e;
- vi) um sensor galvânico de pele pelo suor (GSR) (DELICATO et al., 2015).

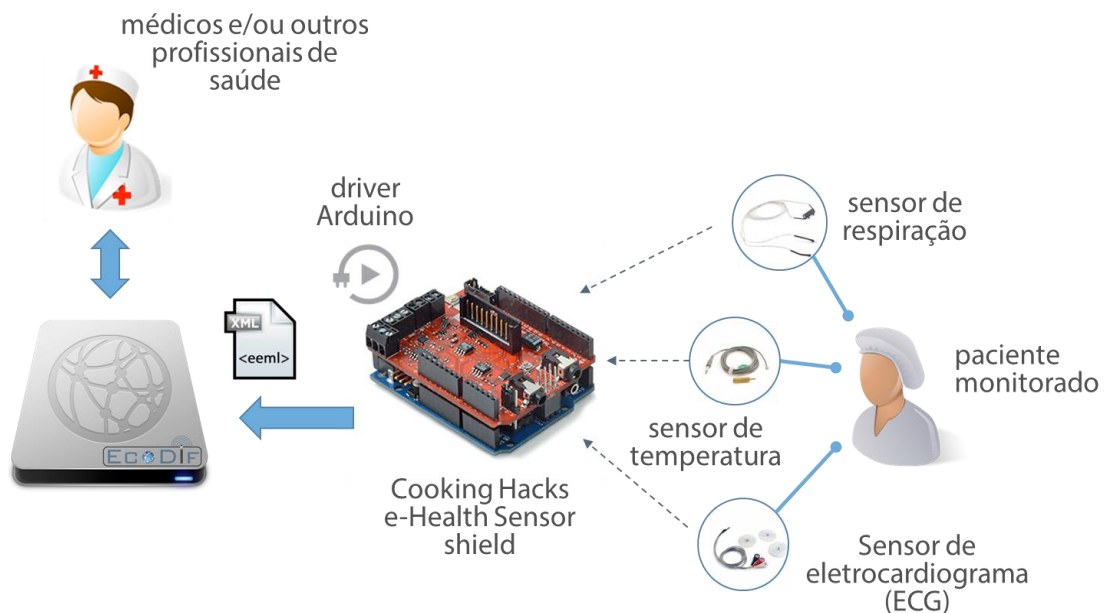
Dessa forma, os dados coletados pelos sensores são enviados à EcoDiF, que permite acompanhar as condições atuais do paciente com base em tais dados, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 4 – Monitoramento remoto com envio para a EcoDiF



Fonte: Adaptado de PIRES, P. F. (2015)

Figura 5: Funcionamento do monitoramento remoto dos pacientes



Fonte: Adaptado de PIRES, P. F. (2015)

Para possibilitar a comunicação desses dispositivos com a EcoDiF, os sensores de temperatura, respiração e ECG foram conectados a um shield Cooking Hacks e-Health Sensor48 acoplado a uma placa de prototipação Arduino Uno49, combinação essa que permite a integração de diversos tipos de sensores

biométricos. Os batimentos cardíacos, a temperatura corporal e a frequência respiratória do indivíduo monitorado foram registrados na EcoDiF como feeds, de modo que um driver ativo desenvolvido para o Arduino Uno (i) coleta os dados aferidos pelos sensores, (ii) estrutura-os no formato EEML, e (iii) envia-os via requisições HTTP PUT para que sejam armazenados na plataforma (DELICATO et al., 2015).

Dado que a temperatura corporal de um ser humano deve, em geral, ser mantida em torno de 37° C, o feed referente às medições da temperatura de um indivíduo foi associado a um trigger que dispara um aviso em caso de hipotermia ou hipertermia, indicando condições anormais para o indivíduo. De modo similar, o feed referente à medição de BPM foi associado a um trigger que dispara um aviso quando os batimentos mensurados ultrapassam 160 BPM, indicando uma arritmia cardíaca. Em ambos os casos, através da interface Web da EcoDiF, é possível visualizar o histórico de eventos e as variações ocorridas nas medidas aferidas para cada variável. No caso da medição de batimentos cardíacos, os dados históricos disponibilizados pela EcoDiF também podem fornecer informações acerca de períodos nos quais o paciente manteve-se em alta e baixa atividade durante o dia, sendo possível determinar seu consumo calórico (DELICATO et al., 2015).

Com isso, através da interface Web da EcoDiF, é possível visualizar o histórico de eventos e as variações ocorridas nas medidas aferidas para cada variável. No caso da medição de batimentos cardíacos, os dados históricos disponibilizados pela EcoDiF também podem fornecer informações acerca de períodos nos quais o paciente manteve-se em alta e baixa atividade durante o dia, sendo possível, por exemplo, determinar seu consumo calórico. A Figura 6 apresenta a leitura dos valores referentes aos batimentos cardíacos do indivíduo monitorado em um intervalo de três minutos (DELICATO et al., 2015).

Figura 6 – Histórico dos batimentos cardíacos via interface Web da EcoDiF.



Fonte: Adaptado de PIRES, P. F. (2015)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao concluir este trabalho, pode-se perceber como a IoT tem um grande potencial para o desenvolvimento de aplicações que trarão vários benefícios, não só para a área de redes, mas para a humanidade como um todo.

Um dos benefícios é o fato de que a IoT permitirá diversos avanços e descobertas para a sociedade. Isso ocorre com o aumento da quantidade de dados disponíveis para processamento que a Internet das Coisas proporciona, junto com a capacidade da Internet de comunicação dos dados. Desta forma quanto mais dados são gerados, mais conhecimento e sabedoria as pessoas irão obter.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi encontrado uma grande variedade de sistemas embarcados, como os utilizados nas placas Raspberry Pi e Arduino, além de outras como: MinnowBoard Max, Intel galileo e etc. Plataformas de middleware também foram analisadas, como a desenvolvida pela Microsoft por meio do Visual Studio .Net e o novo Windows 10 integrando-se a todos os dispositivos e ao Azure – plataforma de computação nas nuvens da Microsoft. As *startups* ou grandes companhias desse nicho na área de saúde foram: Proteus, Orthosenor, Soundhawk, Adheretech, Caretrx, Medminder, Vital Connect, Vitality e Alivecor.

Por que ainda não chegamos lá, na Internet das Coisas? Há nesse mundo da Internet das Coisas uma variedade enorme de aplicações. E nessas aplicações, há várias grandes corporações competindo entre si, gerando desafios como: a falta de padronização, (in)segurança e custo. Dentre as implicações a esses desafios temos: tecnológicas, nem tudo pode se tornar um objeto inteligente, e econômicas, se há um custo alto de fabricação.

O trabalho de conclusão de curso atingiu seu objetivo final de mostrar uma aplicação da IoT - monitoramento remoto de paciente, utilizando uma ferramenta de código aberto e gratuita disponível no meio acadêmico.

REFERÊNCIAS

ANVISA (2003). **Resolução n.9 - orientação técnica elaborada por grupo técnico assessor sobre padrões referenciais de qualidade do ar interior em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**. Site: <<http://tinyurl.com/moyjhx7>> [Online; acessado 10-Jun-2014].

ANVISA (2010). **Manual de Tecnovigilância abordagens de vigilância sanitária de produtos para a saúde comercializados no Brasil**. Site: <<http://tinyurl.com/manualTecnovigilancia>> [Online; acessado 10-Jun-2014].

ALAM, S.; CHOWDHURY, M.; NOLL, J. Sensor de virtualização para a ativação de internet semântica-ciente do ecossistema das coisas. **Jornal International de Design, Análise e ferramentas para Circuitos e Sistemas**, Hong Kong, v. 2, n. 1, p. 41-51, ago. 2011.

ASHTON, K. (1999). **RFID Journal that 'internet of things' thing**. Site: <<http://tinyurl.com/nxnprj5>> [Online; acessado 5-June-2014].

ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. A internet das coisas: a pesquisa. **Redes de Computadores**, v. 54, n. 15, p. 2787-2805, 2010.

BANDYOPADHYAY, S. et al. O papel do middleware para a internet das coisas: um estudo. **Jornal Internacional de Ciência da Computação e Engenharia de Pesquisa**, v. 2, n. 3, p. 94-105, 2011.

CHEN, Xian-Yi and JIN, Zhi-Gang. **Research on Key Technology and Applications for Internet of Things**. School of electronic and information engineering, School of Applied Science & Technology and School of electronic and information engineering, China, p.561- 566, 2012.

CLOUTIER, R. O conceito de arquiteturas de referência. **Sistemas de Engenharia**, v. 13, p.1, p. 14-27, 2010.

DELICATO, F. C.; PIRES, P. F.; BATISTA, T. V. et al. Natal: Ubicomp - Laboratorio de Computação Ubíqua, 2014. Disponível em: <<http://ubicomp.nce.ufrj.br/ecodif>>. Acesso em: 6 ago. 2015.

DELICATO, F. C.; PIRES, P. F.; BATISTA, T. V. et al. **Soluções de middleware para a Internet das coisas**. Reino Unido: Springer Londres, 2013a.

DELICATO, F. C.; PIRES, P. F.; BATISTA, T. V. et al. Rumo a um ecossistema IoT. **Anais do Primeiro Seminário Internacional de Engenharia de Software para Sistemas de Sistemas**. EUA: ACM, 2013b.

DELICATO, F. C.; PIRES, P. F.; BATISTA, T. V. et al. (2014) Uma plataforma para a integração de dispositivos físicos na Internet das Coisas. **Anais da 12ª Conferência Internacional de IEEE sobre Embarcados e Computação Ubíqua**. EUA: IEEE, 2014.

DOHR, Angelika et al. **The Internet of Things for Ambient Assisted Living**. Seventh International Conference on Information Technology, Las Vegas, 2010.

ESPANHA. **O Gartner diz que 4,9 bilhões de ‘coisas’ conectadas serão usadas em 2015**. Barcelona: GARTNER, 2014. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/2905717/>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

EVANS, D. A Internet das Coisas Como a próxima evolução da Internet está mudando tudo. **Cisco Internet Business Solutions Group (IBSG)**, abr., 2011.

GAO, L.; ZHANG, C.; SUN, L. RESTful da Web das Coisas API Sensor de Compartilhamento de dados. **Anais da Conferência Internacional de 2011 sobre Tecnologia e Aplicações Internet**. EUA: IEEE, 2011.

IBM Corp. **An architectural blueprint for autonomic computing**. IBM Corp., EUA, 2004.

JARA, Antonio J.; ZAMORA, Miguel A.; SKARMETA, Antonio F. G. An architecture based on Internet of Things to support mobility and security in medical environments. University of Murcia, Computer Science Faculty, Murcia, 2010.

JIANG, Y.; ZHANG, L.; WANG, L. Redes Sem fio de Sensores e da Internet das Coisas. **Jornal Internacional de Redes de Sensores Distribuídos**. Centro de Pesquisas em Computação Móvel, Tsinghua University, Instituto de Microeletrônica da Universidade Tsinghua, China, p.1-7, 2013.

KATASONOV, A.; TERZIYAN, V. Linguagem de programação agente Semântica (S-APL): Uma plataforma de middleware para a Web Semântica. **Proceedings da**

Conferência Internacional 2008 IEEE em Computação Semântica. EUA, IEEE, p. 504-511, 2008.

KUROSE, J. F. e ROSS, K. W. *Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down*. 5. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.

MOREIRA, Marcelo D. D et al. *Internet do Futuro: Um Novo Horizonte*. Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos (SBRC). Rio de Janeiro, 2009.

MOTA, D. G.; ZANATTA, L. Sombrio - SC: Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Redes de Computadores do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Catarinense - IFC, 2013. Disponível em: <http://sombrio.ifc.edu.br/download/redes/TCC_2013>. Acesso em: 27 jul. 2015.

MIRKOVIC, Jelena and REIHER, Peter. **Building Accountability into the Future Internet**. Information Sciences Institute, University of Southern California, Computer Science Department and University of California Los Angeles, Los Angeles, 2008.

MULLER, G. Uma arquitetura de referência primária. **Documento técnico, Instituto de Sistemas Embarcados**, Holanda, IEEE, p. 17-18, 2008.

NAKAGAWA, E. Y.; ANTONINO, P. O.; BECKER, M. Arquitetura de referência e linha de produtos arquitetura: Uma diferença sutil mas crítica. In: CRNKOVIC, I., GRUHN, V. **Continuações da 5ª Conferência Europeia sobre arquitetura de software**. Leitura das Notas em Ciência da Computação, v. 6903. Alemanha, Springer Berlin Heidelberg, p. 207-211, 2011.

ROZANSKI, N.; WOODS, E. *Sistemas de software arquitetura: trabalhando com as partes interessadas utilizando os pontos de vista e perspectivas*. **Addison-Wesley**, 2011.

SANTAELLA, L. Mídias locativas: a internet móvel de lugares e coisas. **Revista Famecos**, Porto Alegre, n. 35, p.96-102, abr. 2008.

SEBESTYEN, G. et al. Soluções e-Health no contexto da Internet das Coisas. **Anais da Conferência Internacional sobre Automação, Qualidade e Testes, Robótica 2014**. Romênia, IEEE, p. 1-6, 2014.

SILVA, F.; ROCHA, R. **Internet das coisas: a internet e sua evolução rumo a ubiquidade**. Faculdade Faminas-BH, Minas gerais, 2012.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson prentice Hall, 2011.

TAN, Lu and WANG, Neng. **Future Internet: The Internet of Things**. Computer Science and Technology Department East China Normal University Shanghai, Shanghai, 2010.

Teixeira, T., Hachem, S., Issarny, V., Georgantas, N. **Service oriented middleware for the Internet of Things: A perspective**. Por: Abramowicz, W., Llorente, I. M., SurrIDGE, M., Zisman, A., VayssiÈre, J., eds. Proceedings of the 4th European Conference on Towards a Service-Based Internet. Notas e leituras em CiÈncia da computaÇão, vol. 6994. Alemanha, Springer Berlim Heidelberg, p. 220-229, 2011.

VICENTINI at al. PEHS: Arquitetura de um Sistema de InformaÇão Pervasivo para AuxÍlio às Atividades ClÍnicas. **Revista Brasileira de ComputaÇão Aplicada**, Passo Fundo, v. 2, n. 2, p. 69-80, set. 2010.

WANT, R. et al. ComputaÇão pervasiva, Disappearing Hardware. **Intel Research**, Santa Clara, da Universidade de Washington, Seattle e Compaq Western Research Laboratory. p. 36-47, jan./mar. 2002a.

WANT, R. et al. Disappearing Hardware. **Intel Research**, Santa Clara, p. 2, 2002b.

YUCE, M. R. Recent wireless body sensors: Design and implementation. **Proceedings of the 2013 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications**. USA, IEEE Computer Society, p. 1-3, 2013.

ZANELLA, A. et al. Internet of Things for smart cities. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 1, p. 22-32, 2014.