

Solução em tecnologia móvel para o monitoramento de crianças e idosos por meio de sensores sem fio (WBAN)

Mestre Arthur Felipe Thamay Medeiros
 Universidade Estadual da Paraíba
 Núcleo de Tecnologia estratégicas em saúde -
 NUTES
 felipethamay@hotmail.com

Doutor Misael Elias de Moraes
 Universidade Estadual da Paraíba
 Núcleo de Tecnologia estratégicas em saúde -
 NUTES
 moraiscg@uol.com.br

Resumo

Introdução: Os avanços recentes na microeletrônica, proporcionaram um desenvolvimento maciço das comunicações sem fio e, conseqüentemente, uma grande evolução de sensores voltados a aplicações médicas. Estes, aplicados a rede de área corporal sem fio (WBAN), aliada diretamente a rede de sensores sem fio (RSSF), tem sido estudada e implementada nos últimos anos, para monitoramento de crianças e idosos. **Objetivo e resultados:** Neste contexto, o objetivo do artigo é propor uma solução de tecnologia, o Weartool, que tem como foco um sistema que auxilia o responsável no monitoramento de idosos e crianças, apresentando por meio de um aplicativo, eventuais quedas em idosos, distâncias excessivas da criança e a temperatura ambiente, bem como demais configurações referentes ao aplicativo e aos sensores utilizados. Sendo assim, o aplicativo do smartphone será notificado, auxiliando na tomada de decisão dos pais ou responsáveis. **Conclusão:** com testes feitos, em uma quantidade de amostra utilizada, podemos concluir que o Weartool teve um resultado considerável de 95,98% na detecção de quedas.

Palavras-chave: WBAN, Detecção de quedas, Sensores, Monitoramento, Weartool.

Solution in mobile technology for the monitoring of children and elderly by wireless sensors (wban)

Abstract

Introduction: recent advances in microelectronics have provided a massive development of wireless communications and, consequently, a major evolution of sensors for medical applications. These, applied to the wireless body area network (WBAN), allied directly to the wireless sensor network (WSN), have been studied and implemented in recent years for the monitoring of children and the elderly.

Objective and results: in this context, the objective of the paper is to propose a technology solution, Weartool, which focuses on a system that assists the responsible in the monitoring of the elderly and children, presenting by means of an application, eventual falls in the elderly, excessive distances of the child and the ambient temperature, as well as other configurations referring to the application and the sensors used. Therefore, the smartphone application will be notified, assisting in the decision making of the parents or guardians. **Conclusion:** with tests performed, in a considerable amount of sample used, we can conclude that Weartool had a result of 95.98% in the detection of falls.

Keywords: WBAN, Fall detection, Sensors, Monitoring, Weartool.

INTRODUÇÃO

Os avanços das tecnologias de comunicação sem fio, proporcionaram uma grande evolução de sensores voltados a aplicações médicas, abrindo o caminho para dezenas de dispositivos voltado a área saúde aplicados ao monitoramento de pacientes.

Com isso, RSSF¹ têm ganhado notoriedade em vários contextos de aplicações (militares,

¹ RSSF – Rede de sensores sem fio;

médicas e ambientais). Estes são constituídas de um ou mais nós distribuídos, implementadas para coletar informações sobre parâmetros de interesse, usando os respectivos sensores, como por exemplo, dispositivos sensíveis a temperatura, aceleração, luz, umidade, entre outros possíveis.

Kwak, Ullah e Ullah¹ afirma que as pesquisas na área de redes de sensores sem fio, levou ao IEEE² formar um grupo de trabalho especificamente para essa área tecnológica, o padrão IEEE 802.15.6, voltado especificamente para a Rede de Área Corporal sem Fio (WBAN³), visando proporcionar um padrão internacional de baixa potência, de curto alcance e com alta qualidade de serviço (QoS⁴), dentro ou fora da área do corpo humano.

Consequentemente, proporcionou o desenvolvimento das WBANs. Chang et al.², estas por sua vez, são utilizadas para cuidados da saúde e monitoramento remoto. A principal vantagem das aplicações que utilizam WBAN, é melhorar a qualidade de vida do usuário³.

No entanto, o crescimento maciço em dispositivos sem fio e o impulso para interconectar esses dispositivos, para formar uma Internet das coisas (IOT⁵), pode ser um desafio para os WBANs. Esse paradigma tecnológico pode ser definido como a comunicação entre dispositivos eletrônicos, ou

seja, permite que sensores colem e troquem dados por meio de uma infraestrutura de rede existente.⁴

Os sensores que compõem uma WBAN, podem ser vestíveis, ou seja, podem ser acoplados a roupa ou acessório de um indivíduo. A MbiientLab⁵, empresa fabricante de dispositivos embarcados, produziu sensores, com o intuito de ser fixado ao redor do corpo, para aferir dados por meios de sensores.

Dados recentes divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)⁶, mostram que o crescimento populacional no Brasil vem aumentando gradativamente. Com isso, aliado diretamente a taxa longevidade dos mesmos, o número de idosos vem crescendo na mesma perspectiva⁷, devido a média da expectativa de vida da população brasileira, que atualmente é mais de 75 anos. Estes por sua vez, aumentando a carga sobre os serviços de saúde⁷. Pesquisa realizada pelo IBGE aponta que, até 2060 no Brasil, a população idosa, com mais de 65 anos, chegará a mais de 19 milhões.

Consequentemente, os acidentes se tornam uma grande preocupação nessa classe, que estão mais suscetíveis a quedas e fraturas. Sendo eles um grupo de risco quando é estudado os acidentes em ambientes domésticos. O Sistema Único de Saúde – SUS, aponta que 75% das lesões sofridas em idosos ocorrem em seus lares, sendo

² IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos).

³ WBAN – Wireless body area network (Rede de área corporal sem fio);

⁴ QoS – Quality of service (Qualidade de serviço).

⁵ IoT – Internet of Things (Internet das coisas).

isto, umas das principais causas de atendimento em idosos nas unidades de urgência.

Em estudo realizado por Moreira et al.⁸, feito com idosos de faixa etária a partir dos 60 anos, apresentou um número de notificações de fraturas de fêmur e suas consequências na cidade de João Pessoa - PB, entre os anos de 2008 a 2012. O estudo apontou que 1.200 procedimentos de fraturas foram realizados pelo SUS, entre as quais 687 foram em idosos.

Nesta perspectiva propomos o desenvolvimento de um protótipo de um software aplicativo para o monitoramento de crianças e idosos, chamado “Weartool”. O aplicativo é compatível com o sistema operacional Android. Sua proposta é monitorar o movimento do idoso e da criança, afim de identificar queda em idosos, controlar a distância da criança e a temperatura ambiente.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Contextualização no campo da saúde

Uma lesão é descrita como um impacto (força física) que é transferida para um indivíduo. Em decorrência disso, Freitas et al.⁹ define a queda como uma ação não intencional do corpo a um nível mais baixo em relação inicial, onde o mesmo é incapaz de corrigir sua posição inicial em tempo hábil, sendo assim comprometendo a sua estabilidade.

Maia et al.¹⁰ afirma que queda em idoso é uma situação frequente com consideráveis consequências físicas, psicológicas e sociais. Uma das principais consequências decorrentes

das quedas é a fratura, onde acarreta ao idoso, maior vulnerabilidade, deixando-o frágil e inseguro devido o trauma ocorrido.

Fratura do Fêmur Proximal (FFPs) em idosos acarreta uma grande incapacidade funcional, prejudicando a qualidade de vida dos mesmos. Em estudos feitos por Ariyoshi¹¹, em casos tratados na Santa Casa de Misericórdia de Batatais, município do estado de São Paulo, no Brasil, mostra que apenas 25% dos pacientes que sofreram FFP se recuperam totalmente e os demais podem apresentar sintomas decorrentes da fratura, como dor, inchaço, e dificuldades de locomoção. No período de outubro de 2005 a outubro de 2006, totalizou-se 27.647 casos de FFP, segundo a pesquisa realizada.

Contextualização no campo da saúde

Wireless Body Area Network (WBAN)

Uma RSSF pode ser definida como, uma quantidade de sensores (nó), cuja suas características é sua restrição na capacidade de processamento, quantidade reduzida de memória e fornecimento de energia limitado, devido a bateria ser sua única fonte de alimentação¹².

Dessa forma, uma RSSF aplicada ao monitoramento da saúde e comportamento dos pacientes é conhecida como WBAN. Essa por sua vez são dispositivos embarcados, que podem ser vestíveis ou implantáveis.¹³. Esta rede de sensores é utilizada no corpo humano para aferir atributos fisiológicos, como temperatura, pressão sanguínea, batimentos cardíacos.

Os sensores em uma WBAN, respondem a um estímulo físico, fornecendo uma resposta em forma de dados. Esses sensores podem ser fisiológicos, ambientais ou biocinéticos^{3,14} que, por sua vez, podem ser usados como relógio de pulso, celular ou fone de ouvido, permitindo o monitoramento sem fio de uma pessoa em qualquer lugar, a qualquer hora. São exemplos de sensores: EMG, EEG, ECG, temperatura, umidade, sangue pressão, glicemia, oxímetro de pulso (SpO₂), sensor de gás CO₂, termistor, espirômetro, pletismografia, sensor de DNA, biossensor magnético, Ultrassônico, Movimento (Giroscópio / Acelerômetro / Acelerômetro Tri-Axial).

IEEE 802.15.6

O Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos (IEEE) é uma organização internacional, sem fins lucrativos, dedicada ao avanço educacional e técnico da engenharia elétrica, eletrônica, telecomunicações, engenharia computacional e disciplinas correlatas. Uma de suas missões é desenvolver padrões técnicos, na qual podemos citar como um dos modelos de protocolos mais importantes, a série de padrões IEEE 802 que é um conjunto de normas usadas no acesso à rede Smith et al.¹⁵

O IEEE Standards Association, desenvolveu um novo padrão de comunicação sem fio, o IEEE 802.15.6, para a padronização da WBAN, promovendo a interoperabilidade entre todos os dispositivos que utilizam dessa tecnologia¹⁶.

Este padrão é voltado para os dispositivos de comunicação sem fio, de baixa potência e de curto alcance, para oferecer níveis de qualidade de serviço (QoS) e segurança necessário para dados médicos pessoais, tornando-se extremamente confiável dentro ou fora da área do corpo humano.

Alguns dos principais requisitos do padrão IEEE 802.15.6, descritos por Ullah et al.¹⁷, Smith et al.¹⁵ e Khan et al.¹⁸, são: os links WBAN devem suportar taxas de bits na faixa de 10 Kbps a 10 Mbps, cada WBAN deve ser capaz de suportar 256 nós, as WBANs devem ser capazes de trabalhar simultaneamente dentro da mesma área de abrangência, os dispositivos devem ser capazes de transmitir a 0,1 mW (-10 dBm) e a transmissão máxima irradiada deve ser inferior a 1 mW (0 dBm), devem incorporar recursos de gerenciamento de QoS, mecanismos de economia de energia devem ser utilizados.

Bluetooth Low Energy (LE)

Segundo Muller¹⁹, o Bluetooth é uma tecnologia para comunicação de dados sem fio, por rádio frequência (FR⁶), de curto alcance, substituindo a transmissão via cabos.

Os sensores sem fio são amplamente utilizados para troca de dados, pois garante rapidez e segurança entre equipamentos que possuam a mesma tecnologia. Uma de suas características é a alta velocidade, podendo chegar até 24MB por segundo; baixo consumo de bateria (LE⁷),

⁶ FR – Frequência Rádio (Rádio frequência).

⁷ LE – Low Energy (Baixo consumo).

aumentando ainda mais quando o dispositivo estiver ocioso; a alta segurança, com o novo protocolo de criptografia de 128 bits e frequência de 2.4GHz.

As especificações desta tecnologia apresentam três classes de dispositivos e suas configurações, descrito na tabela 1.

Bluetooth²⁰ opera na banda ISM⁸, livre de licença. Esta tecnologia foi concebida para operar em ambientes com elevadas fontes de interferência, pois utiliza técnicas de espalhamento espectral. Uma boa infraestrutura pode minimizar a interferência gerada. A disponibilidade global faz uma ótima opção para os dispositivos WBANs nos quais a mobilidade é essencial.

Bluetooth Low Energy (BLE⁹) Physical Layer (PHY), versão 4.0 é a mais utilizada, iniciando sua comercialização a partir do ano de 2010 (20). Para satisfazer as exigentes necessidades energéticas da WBAN, o BLE possui uma vantagem modesta em termos de consumo e potência de transmissões de dados. Devido a maioria das plataformas móveis do mercado utilizarem a tecnologia, e conseqüentemente, possuem a funcionalidade LE, aumentando a compatibilidade com aplicações do mercado.

Internet of Things (IoT)

A internet das coisas (IoT) é um novo paradigma tecnológico que ganha atenção de vastos campos

de pesquisa nos últimos anos. Seu conceito principal é conectar dispositivos através da Internet, por meio de protocolos específicos. Com isso, a IoT proporciona uma ampla visão onde uma rede de coisas inteligentes, identificadas unicamente com dispositivos como sensores conectados, em qualquer lugar, em qualquer dispositivo, trabalhando em conjunto para fornecer uma variedade de serviços sob demanda aos clientes^{4,21}.

Para as aplicações de cuidados de saúde, conectados pela IoT, a rede de área do corpo sem fio (WBAN) está ganhando popularidade à medida que os dispositivos vestíveis aparecem no mercado^{4,21}. Sensores específicos também podem ser equipados dentro de ambientes para monitorar a saúde e o bem-estar de pacientes, ou até mesmo serem vestíveis, garantindo também que o tratamento adequado está sendo administrado corretamente²².

Smartphone e Android

Os *smartphones* tornaram-se uma parte essencial da vida cotidiana. Com o passar do tempo, o número de usuários de *smartphones* estão aumentando. As pessoas estão usando esses dispositivos não apenas como um celular, mas como uma ferramenta gerencial e organizacional para suas vidas diárias²³.

Android é um sistema operacional (SO), projetado para *smartphones*, tablets, TV, carro e relógio de pulso. Baseado no núcleo Linux

⁸ ISM – Industrial, Scientific and Medical (Industrial, científica e Médica).

⁹ BLE – Bluetooth low energy (Bluetooth de baixo consumo);

versão LTS¹⁰, desenvolvido inicialmente pela Android Inc. no ano 2000. A partir do ano de 2005, o SO foi comprado e está sendo desenvolvido pela empresa de tecnologia Google²⁴.

Um aplicativo móvel, comumente conhecido como "aplicativo", é um tipo de software projetado para ser executado em um dispositivo móvel²⁵. A linguagem oficial de desenvolvimento é a Java e a IDE é a Android studio. Os aplicativos Android estão escritos na linguagem Java, onde estes são compilados para o arquivo do pacote “.apk”, para assim, serem instalados no SO²⁶.

Pesquisas²⁷ apontam que aponta que 95,5% dos *smartphones* vendidos no Brasil vem com o SO Android. Em 2015, esse número era de 5,9% para Windows Phone e 3,5% para iOS. Por ser um sistema open source, está disponível para equipamentos de diversos fabricantes como: Acer, Asus, Alcatel, Lenovo, LG, Motorola, Nexus, Samsung, Sony. Sendo assim, abrangendo um maior número de *smatphones* do mercado.

MbientLab

A Mbientlab⁵ é uma empresa que oferece soluções de sensores sem fio Bluetooth de baixo consumo. Segundo Chen, Li e Zhang²⁸, um nó sensor pode ser formado por um rádio transmissor, uma bateria e um processador. Estes sensores são ideais para aplicações em eHealth,

fitness, comerciais, industriais, educacionais e portáteis. Eles são voltados para prototipagem, pesquisa e desenvolvimento de produtos e incluem medição de frequência cardíaca, temperatura e resposta galvânica da pele.

Os embarcados utilizam alguns sensores: Luz ambiente, Temperatura, Barômetro, Umidade, Acelerômetro, Giroscópio, Magnetômetro. Para o sensor acelerômetro, onde há a necessidade do conhecimento de sua posição exata, utiliza-se a IMU¹¹. O mesmo trata-se de um dispositivo que mede e relata a força específica e a taxa angular em um corpo. É implementado utilizando um ou mais acelerômetros para detecção de aceleração linear e um ou mais giroscópios para medição da taxa de rotação²⁹.

Trabalhos relatados

Foi feito uma revisão bibliográfica dos projetos e produtos que utilizam a tecnologia WBAN, possuíam relevância científica e são utilizados para aplicação médica e/ou bem-estar, nos últimos dez anos. Foi utilizada a base de dados IEEE Explore e ACM, para pesquisar os projetos, com as seguintes palavras chaves: “WBAN”, “Bluetooth”, “WBAN Bluetooth”, “Body Area Network”, “Medical”. O motor de pesquisa Google foi utilizado para buscar os produtos.

A tabela 1 e 2, demonstram uma melhor visualização e simplificação dos projetos e produtos existentes sobre redes de áreas do corpo

¹⁰ LTS - Long Term Support (Suporte de longo prazo).

¹¹ IMU - Inertial measurement unit (Unidade de medição inercial).

sem fio. Os mesmos estão dispostos nas tabelas em ordem cronológica.

Os projetos WiMoCA³⁰ e MyHealthAssistant³¹ utilizam acelerômetro para monitorar o comportamento do ser humano e outros sensores para compor as funcionalidades do protótipo, como: ECG, Temperatura, Frequência cardíaca e Pressão.

O projeto HealthServiCe24 não está mais ativo. O Projeto Mithrill utiliza sensores para serem acoplado em uma roupa, como exemplo um casaco. A desvantagem em sua utilização é que os sensores são grandes, tornando incomodo seu uso diário.

Os produtos da marca Shimmer Sensing, são de alta qualidade, e disponibilizam uma API específica para o desenvolvimento de projetos de software utilizando os dispositivos fabricados pela própria empresa. Porém, os mesmos são de alto custo, levando em consideração o exemplo do produto Shimmer3 IMU Unit, que custa 359,00 euros, segundo dados da Uol³², sendo este equivalente a 1.436,00 Reais.

Todos os projetos e produtos citados tem uma característica em comum, são todos desenvolvidos com idioma em inglês e não são comercializados no Brasil. Tal característica pode trazer dificuldades na utilização em nosso país, devido a barreira linguística.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do projeto, o estudo foi dividido em seis etapas, conforme a tabela 3.

Plataforma Metawear

A MetaWear é uma plataforma de desenvolvimento completa de aplicações para dispositivos móveis. Possui a CPU ARM® Cortex™ M0 Bluetooth 4.0 nRF51822, um SoC¹² de baixa potência e baixo consumo, ideal para comunicação com *smartphones*. O sensor MetaDetector é alimentado por uma pequena bateria de lítio RC2032 com tensão de 3V, e utiliza os seguintes sensores: Acelerômetro BMA255, Fotosensor LTR329, Sensor de proximidade IR TSL2671 e Sensor de temperatura (Termistor) NCP15XH103F03RC.

A figura 1 e 2, apresenta o protótipo final.

Figura 1: Placa MetaDetector.



Fonte: <https://mbientlab.com/>.

¹² SoC – System on a chip.

Figura 2: Protótipo *Weartool*.

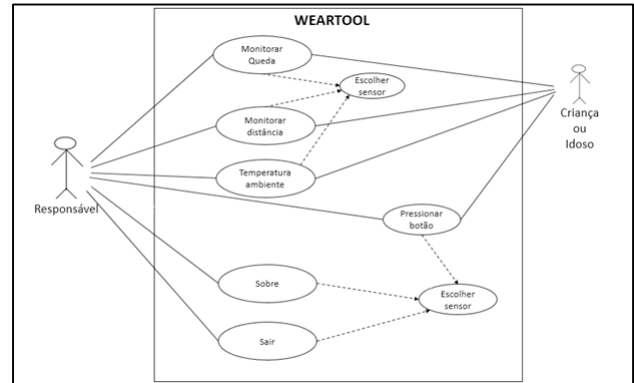
Fonte: Elaborado por Felipe Thamay.

Software Aplicativo

O aplicativo *Weartool* fará todo o controle dos sensores, onde os mesmos enviarão informações referentes a movimentação da criança e do idoso, temperatura ambiente, localização aproximada e outras funções pertinentes a configuração do aplicativo e dos sensores.

O Android foi escolhido pelo seu poderoso kit de desenvolvimento baseado em Java, Android SDK, excelente documentação, biblioteca e a possibilidade de desenvolver em muitas plataformas, como Linux, Mac Os e Windows³³.

Na arquitetura do sistema, o *smartphone* deve gerir não somente a aquisição de dados do WBAN³⁴, mas também sincronização e fornecer uma interface gráfica ao usuário (GUI), entre outras tarefas. Suas funções estão descritas na figura 3 e detalhadas na tabela 4.

Figura 3: Caso de uso

Fonte: Elaborado por Felipe Thamay.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os testes iniciais foram feitos projetando o sensor, simulando uma queda. Foram feitas projeções para frente, para esquerda, para a direita e para baixo. Posteriormente foram utilizados uma amostra de dez idosos para realizar alguns testes.

Por conta da gravidade da Terra, todos os objetos experimentam uma atração gravitacional em direção ao centro do planeta, onde a unidade de aceleração desta atração é encaminhada força g , ou seja, todos os objetos estão sujeitos a $1g$ de aceleração. Quando um sensor de gravidade triaxial (sensor G) está inclinado, os eixos x , y e z produzem aceleração sob gravidade e A_x , A_y e A_z . Para isto, podemos aplicar a função (1, 2 e 3) trigonométrica inversa para obter a inclinação ângulo Q do sensor:

$$(1) \rho = \arctan \left(\frac{A_x}{\sqrt{A_y^2 + A_z^2}} \right)$$

$$(2) \phi = \arctan \left(\frac{A_y}{\sqrt{A_x^2 + A_z^2}} \right)$$

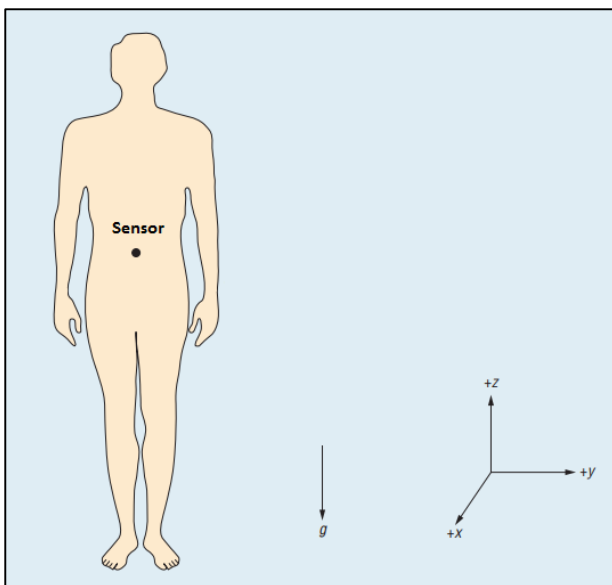
$$(3) \theta = \arctan \left(\frac{\sqrt{A_y^2 + A_x^2}}{A_z} \right)$$

Onde ρ , ϕ e θ indicam os ângulos de inclinação dos eixos x, y e z, levando em consideração a gravidade e aceleração ao longo do eixo z e assim perpendicular ao x e y-axiais.

Quando o sensor triaxial G está parado, a aceleração total S deve seja constante, como na Equação 4, devido à aceleração da gravidade.

Neste estudo, acoplamos o sensor ao ponto central do corpo de algumas pessoas idosas, ou seja, em sua cintura, conforme a figura 4.

Figura 4: Posição do sensor em uma pessoa idosa.



Fonte: Adaptado de Lai et al. (7).

Nos gráficos de acelerômetro para queda em idosos, espera-se que haja uma variação da aceleração na forma de pico, pois esta é muito maior do que a aceleração derivada de uma pessoa andando, seguido de uma diminuição que tende a zero, pois após a queda, a tendência é que o idoso fique alguns instantes no chão (repouso, $a = 0 \text{ m/s}^2$).

Num acelerômetro em 3 dimensões, as curvas de X, Y e Z devem obedecer um grau de sincronia, uma vez que o corpo de um idoso não é um objeto de massa ideal, que pode ser desprezado num movimento rotacional/vibracional. Independentemente do tipo de queda, há variações nos 3 eixos. Logo, onde puder ser observado a maior harmonia de variação dos 3 eixos, é onde está a maior possibilidade do registro de queda.

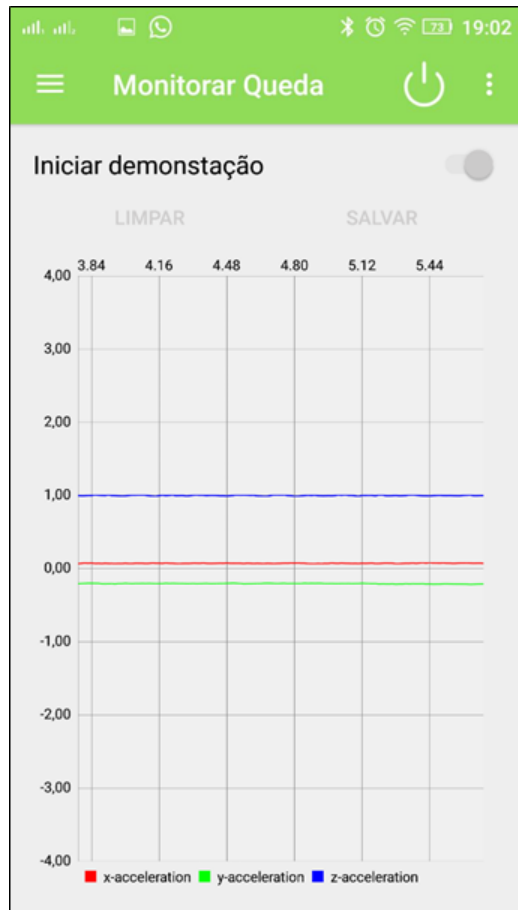
Fisicamente, quando se trata de gravidade, a aceleração varia no eixo y, mas se o idoso cai, necessariamente, a variação aceleração tem que ser mais intensa no eixo da gravidade. Nos gráficos preliminares, os eixos y e z comporta-se como eixo de gravidade, pois a variação mais intensa (pico).

A figura 5 mostra o comportamento em repouso, apresentando uma linearidade entre os eixos x, y e z. Este gráfico pode ser tomado como referência na identificação do movimento.

A figura 6 mostra a queda para baixo onde é observado que do início do gráfico até o intervalo de 13.73s, há pequenas variações de aceleração, a simulação estava em movimento

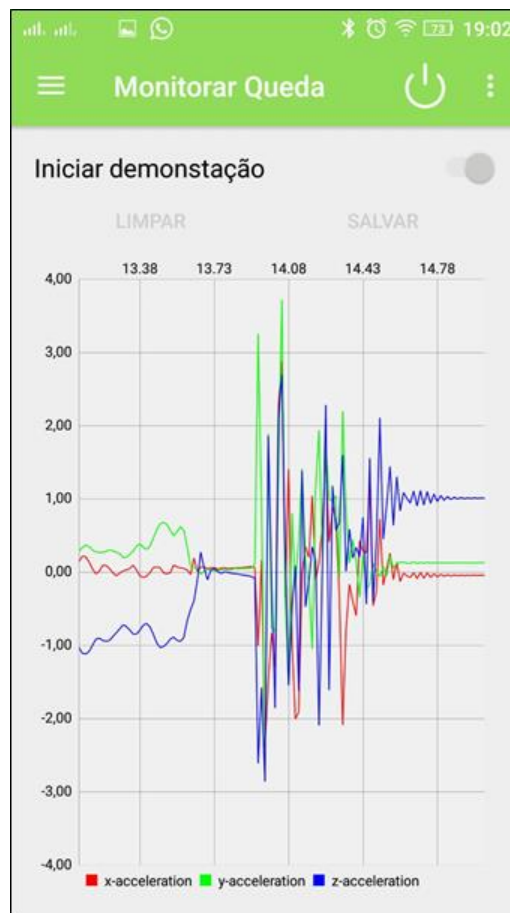
aleatório (caminhada). Em seguida, de 13.73s a aproximadamente 14s, há uma variação desse movimento, é o que antecede/causa a queda.

Figura 5: Comportamento em repouso.



Fonte: Aplicativo *Weartool*.

Figura 6: Queda para baixo.



Fonte: Aplicativo *Weartool*.

Com base nas análises feitas por meios dos gráficos, observando os movimentos e consequentemente as quedas, obtivemos os eixos de gravidade (g), para assim compor o algoritmo de queda, conforme figura 7. Foi utilizado como parâmetro, o intervalo de -0,6 nos eixos de gravidade y e z.

Figura 7: Algoritmo de detecção de quedas

```

public void process(Message message) {
    final CartesianFloat spin = message.getData(CartesianFloat.class);

    LineData data = chart.getData();

    data.addXValue(String.format(Locale.US, "%.2f", sampleCount * samplePeriod));
    data.addEntry(new Entry(spin.x(), sampleCount), 0);
    data.addEntry(new Entry(spin.y(), sampleCount), 1);
    data.addEntry(new Entry(spin.z(), sampleCount), 2);

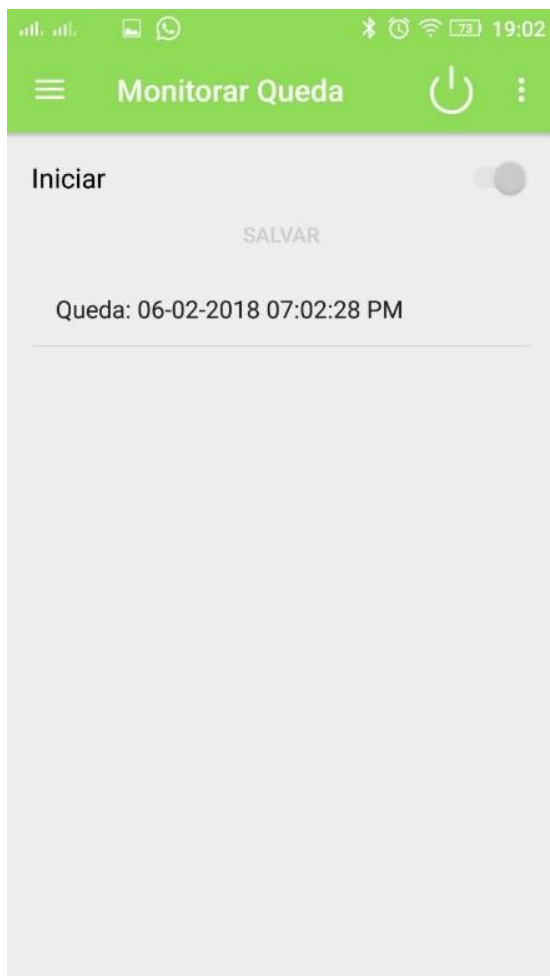
    sampleCount++;

    if(spin.y() <= -0.6){
        ((NavigationActivity) getActivity()).generateNotificationFall();
        notificationAlert();
    }
    if(spin.z() <= -0.6){
        ((NavigationActivity) getActivity()).generateNotificationFall();
        notificationAlert();
    }
}
    
```

Fonte: Android Studio. Copyright Mbientlab.

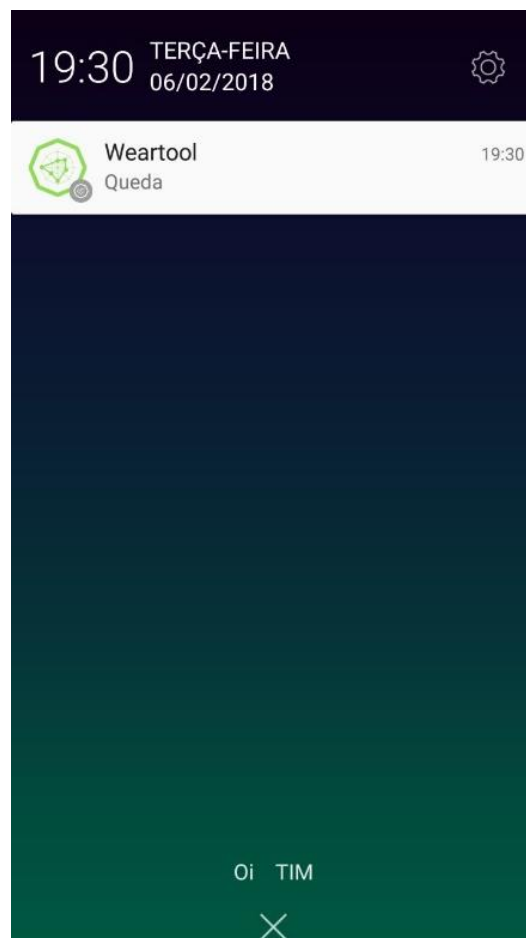
Após a recepção do dado, informando a queda, o aplicativo mostra ao usuário, por meio de uma interface intuitiva, a queda ocorrida com a respectiva data e hora ocorrida, conforme a figura 8. A figura 9 mostra a notificação emitida no *smartphone*.

Figura 8: Queda ocorrida.



Fonte: Aplicativo *Weartool*.

Figura 9: Notificação de queda ocorrida.



Fonte: Aplicativo *Weartool*.

Com relação ao monitoramento da distância da criança, foram feitos testes do alcance de sinal. Para calcular a distância e conseqüentemente ser emitida a notificação, foi feito uma operação aritmética da intensidade de sinal (RSSI) e o nível de potência recebido. A figura 10 mostra o algoritmo para o cálculo da distância aproximada.

Figura 10: Algoritmo para cálculo de distância.

```

Double resultDistance =
    Math.pow(10d, ((double) txPower - result) / (10 * 2)/100);
resultDistanceFormat =
    Double.valueOf(String.format(Locale.US, "%.2F", resultDistance));
}

```

Fonte: Android Studio.

A figura 11, mostra a temperatura do local onde o sensor está alocado. É possível ver a linearidade do gráfico, pois o teste foi feito em um ambiente climatizado, com temperatura exata de 23°C, figura 12, para assim constatar a eficiência do sensor de temperatura utilizado.

Figura 11: Temperatura ambiente



Fonte: Aplicativo *Weartool*.

Figura 12: Indicador da temperatura local.



Fonte: Elaborado por Felipe Thamay.

CONCLUSÕES

Este projeto apresenta como resultado, um protótipo com o objetivo de monitorar o comportamento de idosos e crianças, por meio de micro sensores conectados via bluetooth a um aplicativo.

O resultado experimental mostra que o dispositivo é compacto, relativamente de baixo custo e de fácil utilização. Suas principais características físicas é o seu pequeno tamanho, peso leve e baixo consumo de potência.

Inicialmente foram feitos alguns testes, com idosos, em seu ambiente domiciliar, onde foi analisado suas rotinas diárias. Para simular quedas ocorridas para frente, para esquerda, para

a direita e para baixo, foi projetado o sensor, simulando tal evento.

Diferentes padrões de queda foram caracterizados e modelados utilizando os sensores acelerômetro de 3 eixos, com base na unidade de medição inercial (IMU), onde os sinais obtidos dos movimentos foram processados e analisados por um SoC.

Analisando os dados por meio dos gráficos obtidos das eventuais quedas, podemos ver a variação do gráfico nos eixos x, y e z. Com isso avaliamos as quedas como nível intermediário as que ficaram entre -6 no eixo y e z de gravidade, e graves a gravíssimos as que estão acima dessa faixa. Obtivemos uma precisão de movimentos de 95,98%

Com relação ao monitoramento da distância da criança, foram feitos testes do alcance de sinal, tendo uma eficiência até 50 metros em campo livre e 15 metros com barreira, sendo assim cobrindo áreas relativamente consideráveis para o monitoramento. O retorno da localização aproximada, foi calculada por meio de uma função específica.

A verificação da temperatura ambiente também foi constatada pois os testes foram feitos em ambientes climatizados, sendo assim constatando a eficácia do sensor.

Portanto, podemos afirmar que o “Weartool”, diferirá dos produtos comerciais pelos seguintes argumentos: Baixo custo, facilidade de utilização, pois utiliza critérios de usabilidade e

devido suas informações serem em português do Brasil, baixo consumo de bateria, por ser compatível com a maioria dos *smartphones* do mercado brasileiro, pelo sensor não ser invasivo e não atrapalhar as atividades diárias e por monitorar tanto o idoso quanto a criança, abrangendo assim sua área de atuação.

REFERÊNCIAS

1. Kwak KS, Ullah S, Ullah N. An overview of IEEE 802.15.6 standard. 2010 3rd International Symposium On Applied Sciences In Biomedical And Communication Technologies (isabel 2010), nov. 2010: 1-6.
2. Chang T et al. Adaptive synchronization in multi-hop TSCH networks. *Computer Networks*, Elsevier BV, jan. 2015; 76: 165-176.
3. Latré B et al. A survey on wireless body area networks. *Wireless Networks*. Springer Nature, 11 nov. 2010; 17(1): 1-18,
4. Fortino G, Trunfio P. *Internet of Things Based on Smart Objects: Technology, Middleware and Applications*. Switzerland: Springer Science & Business Media, 2014: 198p. DOI: 10.1007/978-3-319-00491-4
5. MBIENTLAB. MBIENTLAB. 2016. [Acesso em 05 nov 2016]. Disponível em: <https://mbientlab.com/>.
6. IBGE. Censo Demográfico 2010. [Acesso em: 01 ago. 2017]. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/>.

7. Lai Chin-feng et al. Adaptive Body Posture Analysis for Elderly-Falling Detetion with Multisensors. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Ieee Intelligent Systems, mar. 2010; 25(2): 20-30.
8. Moreira SAP et al. Notifications of femur fractures in an elderly northeastern capital: in the years 2008 to 2012 Notificações de fraturas do fêmur em idosos de uma capital nordestina. Revista de Pesquisa: Cuidado é Fundamental Online. Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro UNIRIO, 30 dez. 2015; 7(5): 182-189.
9. Freitas Rde et al. Cuidado de enfermagem para prevenção de quedas em idosos: proposta para ação. Rev Bras Enferm, Brasília, mai-jun 2011; 64(3): 478-85.
10. Maia BC et al. Consequências das quedas em idosos vivendo na comunidade. Rev. Bras. Geriatr. Gerontol., Rio de Janeiro, 2011; 14(2):381-393.
11. Ariyoshi AF. Características epidemiológicas das fraturas do fêmur proximal tratadas na Santa Casa de Misericórdia de Batatais - SP. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saúde na Comunidade, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2013.
12. Sousa MP. Diversidade Cooperativa Adaptativa Aplicada a Redes de Sensores sem Fio. 2009. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Computação, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2009.
13. Salayma M et al. Wireless Body Area Network (WBAN). Association for Computing Machinery (ACM). Acm Computing Surveys, 10 mar. 2017; 50(1): 1-38.
14. Hanson M.a. et al. Body Area Sensor Networks: Challenges and Opportunities. Computer. IEEE Computer Society, jan. 2009; 42(1): 58-65.
15. Smith DB. et al. Propagation Models for Body-Area Networks: A Survey and New Outlook. IEEE Antennas And Propagation Magazine, out. 2013; 55(5): 97-117.
16. Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos. 802.15.6: IEEE Standard for local and metropolitan area networks - Part 15.6: Wireless Body Area Networks. New York, 2012.
17. Ullah S et al. A Comprehensive Survey of Wireless Body Area Networks. J Med Syst, 2012; 36(3): 1065-1094
18. Khan JY et al. Wireless Body Area Network (WBAN) Design Techniques and Performance Evaluation. J Med Syst., Jun 2012; 36(3):1441-1457.
19. Muller NJ. Bluetooth Demystified. New York: Mcgraw-hill, 2001.
20. Bluetooth. Bluetooth Low Energy. Disponível em: <<https://www.bluetooth.com/>>. Acesso em: 19 maio 2017.

21. Lee, In; Lee K. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises. *Business Horizons*, jul. 2015; 58(4):431-440. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2015.03.008>
22. Istepanian RSH et al. The potential of Internet of m-health Things “m-IoT” for non-invasive glucose level sensing. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.*, 2011; 2011: 5264-5266. DOI: 10.1109/IEMBS.2011.6091302.
23. Barrera D et al. A methodology for empirical analysis of permission-based security models and its application to android. *Proceedings Of The 17th ACM Conference On Computer And Communications Security - Ccs '10*, 2010: 73-84.
24. Sufatrio et al. Securing Android. *Acm Computing Surveys*, [s.l.], v. 47, n. 4, p.1-45, 11 maio 2015. Association for Computing Machinery (ACM).
25. Lane M. Does The Androd Permission System Provide Adequate Information Privacy Protection for End-Users of Mobile Apps? 10th Australian Information Security Management Conference, Australia, p.67-74, 2012.
26. Kaur P, Sharma S. Google Android a mobile platform: A review. 2014 Recent Advances In Engineering And Computational Sciences (raecs), [s.l.], p.1-5, mar. 2014. IEEE.
27. Higa P. 95,5% dos smartphones vendidos no Brasil são Androids. 2017. [Acesso em: 05 dez. 2017]. Disponível em: <https://tecnoblog.net/203749/android-ios-market-share-brasil-3t-2016>
28. Chen M, Li Z, Zhang G. A cooperative software-hardware approach for wireless body area network implementation. *The 4th Annual Ieee International Conference On Cyber Technology In Automation, Control And Intelligent*, jun. 2014: 214-218.
29. Tessendorf B et al. An IMU-based sensor network to continuously monitor rowing technique on the water. 2011 Seventh International Conference On Intelligent Sensors, Sensor Networks And Information Processing, dez. 2011: 1-6.
30. Farella E et al. Interfacing human and computer with wireless body area sensor networks: the WiMoCA solution. *Multimedia Tools And Applications*, 30 jan. 2008; 38(3): 337-363.
31. Seeger C, Van Laerhoven K, Buchmann A. MyHealthAssistant: An Event-driven Middleware for Multiple Medical Applications on a Smartphone-Mediated Body Sensor Network. *Ieee Journal Of Biomedical And Health Informatics*, mar. 2015; 19(2):752-760.
32. UOL. Câmbio. 2018. [Acesso em: 02 fev. 2018]. Disponível em: <https://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/euro-uniao-europeia/>.
33. Android. Developers. [Acesso em: 05 dez. 2017]. Disponível em: <https://developer.android.com/index.html>.

34. Wu T et al. An Autonomous Wireless Body Area Network Implementation Towards IoT Connected Healthcare Applications. Ieee Access, 2017; 5: 11413-11422.

Listas de tabelas

Tabela 1: Projetos e produtos existentes sobre redes de áreas do corpo sem fio.

Projeto	Aplicação	Conexão	Sensores
CareNet (JIANG et al., 2008)	Cuidados da saúde a distancia	N/A	Giroscópio, Acelerômetro.
WiMoCA (FARELLA et al., 2008)	Esporte/Detecção de gestos	<i>Bluetooth</i>	Acelerômetro.
[s.I] (SHARMA et al., 2011)	Cuidados da saúde	<i>Bluetooth</i>	ECG, Temperatura, Taxa de respiração.

Fonte: Movassaghi et al. (2014), adaptado por Felipe Thamay.

Tabela 2: Projetos e produtos existentes sobre redes de áreas do corpo sem fio.

Projeto	Aplicação	Conexão	Sensores
BodySense (DEVITA et al., 2014)	Cuidados da saúde móvel	<i>Bluetooth</i>	ECG.
[s.I] (WAGNER et al., 2012)	Cuidados da saúde	<i>Bluetooth</i>	<i>SpO2</i> , ECG, Frequencia cardíaca.
MyHealthAssistant (SEEGER; VAN LAERHOVEN; BUCHMANN, 2015)	Fitness e monitoramento de idosos	<i>Bluetooth</i>	Acelerômetro, Temperatura, ECG.
[s.I] (WAHANE; INGOLE, 2016)	Monitoramento da arritmia cardíaca	<i>Bluetooth</i>	ECG.
[s.I] (SINGH; JAIN, 2016)	Monitoramento da pressão arterial	<i>Bluetooth</i>	Pressão sanguínea.
[s.I] (WU et al., 2017)	Sistema autônomo WBAN	<i>Bluetooth</i>	Temperatura, Frequência cardíaca, Acelerômetro.
MITHril19 ¹³	Cuidados da saúde	Com fio	ECG.
LifeGUARD ¹⁴	Monitoramento da saúde para astronautas	Com fio	ECG, Respiração, Oxímetro, Temperatura, Acelerômetro.
HealthServiCe24 ¹⁵	Cuidados da saúde móvel	<i>Wired</i>	ECG, EMG, <i>SpO2</i> , Pressão sanguínea, Respiração, Temperatura da pele, Pletismografia.

¹³ <http://www.media.mit.edu/wearables/mithril>

¹⁴ <https://www.nasa.gov/centers/ames/research/technology-onepaggers/life-guard.html>

¹⁵ <http://www.healthservice24.com>

ShimmerSensing ¹⁶	Monitoramento da saúde	Bluetooth	Acelerômetro, ECG, Respiração, Temperatura, Pressão.
------------------------------	------------------------	-----------	--

Fonte: Movassaghi et al. (2014), adaptado por Felipe Thamay.

Tabela 3: Descrição das etapas do estudo.

ETAPAS	DESCRIÇÃO
Preparação e delimitação do problema	Levantamento de situações cotidianas de idosos e crianças de 0 a 6 anos e alguns casos ocorridos onde levaram a um estado grave devido as lesões ocorridas, por conta do trauma sofrido.
Revisão da pesquisa bibliográfica da área	A revisão na literatura foi realizada com o intuito de compreender as tecnologias WBAN que vêm sendo estudadas e implementadas atualmente. Foram analisados trabalhos correlacionados, utilizando sensores sem fio e tecnologia móvel, com a finalidade de monitorar o movimento e o comportamento de uma pessoa.
Análise dos algoritmos e ferramentas necessárias para o desenvolvimento da aplicação	Algoritmos e técnicas de desenvolvimento de software foram utilizados para o desenvolvimento ágil, ou seja, visando rapidez e uma codificação limpa e segura. Para cumprir o conceito e pratica de mobilidade, serão utilizadas ferramentas de desenvolvimento para dispositivo móveis, visando a compatibilidade do aplicativo com a maioria dos smartphones existentes no mercado.
Definição da arquitetura de hardware e software a ser utilizado	Definido o hardware a ser utilizado, bem como os sensores, para a aferição e medição das grandezas. Com relação ao software, foi definido que a solução mais cômoda e dinâmica seria a utilização de um dispositivo móvel para a comunicação com os sensores.
Desenvolvimento do sistema	Desenvolvido a aplicação, com base em todos parâmetros levantados.
Homologação da aplicação e aplicação em casos reais	Teste da aplicação em casos reais, com idosos e crianças em sua vida cotidiana, para assim, ser analisado a sua eficiência quanto a prevenção e a sinalização de possíveis eventos.

Fonte: Elaborado por Felipe Thamay.

Tabela 4: Especificação das funções do aplicativo.

FUNÇÃO	DESCRIÇÃO
Monitorar Queda	Na primeira situação, quando ocorrer uma queda de fato, o aplicativo imediatamente enviará uma notificação. O monitoramento de quedas, irá avaliar o comportamento do idoso, onde o <i>app</i> irá decidir em quais situações será emitido uma notificação.

¹⁶ <http://www.shimmersensing.com/>

	Isso será feito por meio do acelerômetro, onde a orientação dos segmentos do corpo humano é mesurada por uma unidade de medição inercial (IMU).
Monitorar Distância	<p>Será feito por meio do <i>bluetooth</i>, retornando a distância aproximada entre o sensor e o smartphone. Na tela do aplicativo, indicará a distância em metros e a intensidade do sinal.</p> <p>Outra funcionalidade é o botão de monitoramento. Esse botão fica acoplado ao sensor, onde a criança, ao sentir necessidade, irá pressionar o botão, gerando uma notificação no aplicativo, alertando os responsáveis que a criança está necessitando ser localizada.</p>
Temperatura ambiente	Verificar a temperatura onde o sensor estará alocado. Será utilizado em situações onde a temperatura constante tenha que ser aferida e mantida, para o conforto e bem-estar da criança ou idoso. Neste caso, o sensor ficará disposto no ambiente em que será feita a aferição.
Configurações	<p>Na tela de configurações do aplicativo temos informações referentes ao sensor: Fabricante, Modelo, Número de série, Firmware, Hardware e MAC. Temos a opção de atualizar o firmware do sensor, verificar o led do sensor, onde está disponível nas cores vermelho, verde e Azul.</p> <p>Poderemos também verificar o RSSI, ou seja, é a força do sinal recebido em relação ao sensor e o aplicativo. E também podemos verificar o nível da bateria do sensor.</p>

Fonte: Elaborada por Felipe Thamay.

Tabela 5: Resultado dos testes feitos com idosos.

Tarefas	Tarefas realizadas	Total correta	Total incorreta	Precisão (%)
Em pé	10	10	0	100
Sentado	10	10	0	100
Deitado	10	10	0	100
Caminhando	15	12	3	79,92
Queda	N/A	N/A	N/A	N/A
Total	45	42	3	95,98

Fonte: Adaptado de Lai et al. (2010).

Como citar este artigo

Thamay F, Morais ME. Solução em tecnologia móvel para o monitoramento de crianças e idosos por meio de sensores sem fio (WBAN). Revista de Saúde Digital e Tecnologias Educacionais. [online], volume 03, número especial. Editor responsável: Luiz Roberto de Oliveira. Fortaleza, mês e ano, p. 132-151. Disponível em: <http://periodicos.ufc.br/resdite/index>. Acesso em “dia/mês/ano”.

Data de recebimento do artigo: 24/09/2018

Data de aprovação do artigo: 06/11/2018
