



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Departamento de Informática e Estatística - INE
Sistemas de Informação

Desenvolvimento de uma Abordagem para a Identificação e Localização de Pessoas em Ambientes Assistidos

Carlos Eduardo Rebelato

Florianópolis
2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA**

Carlos Eduardo Rebelato

Desenvolvimento de uma Abordagem para a Identificação e Localização de Pessoas em Ambientes Assistidos

Trabalho de Conclusão de Curso para a
obtenção do grau de Bacharel no Curso de
Sistemas de Informação na Universidade
Federal de Santa Catarina.

Orientador: Professor Ph.D. Mário Antônio Ribeiro Dantas

Florianópolis

2017

CARLOS EDUARDO REBELATO
Desenvolvimento de uma Abordagem para a Identificação e Localização de
Pessoas em Ambientes Assistidos.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Departamento de Informática e Estatística da Universidade Federal de Santa Catarina, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Grau de Bacharel em Sistemas de Informação.

Florianópolis – Santa Catarina, junho de 2017.

Professor Dr. Renato Cislighi
Coordenador

Banca Examinadora:

Professor Ph.D. Mário Antônio Ribeiro Dantas
Universidade Federal de Santa Catarina - INE
Orientador

Professor Dr. Roberto Willrich
Universidade Federal de Santa Catarina – INE
Avaliador

Professora Dr^a. Patricia Della Méa Plentz
Universidade Federal de Santa Catarina – INE
Avaliadora

RESUMO

Pesquisadores têm mostrado em seus projetos que o envelhecimento da população é um fato já vivenciado por diversos países do mundo. Este fato faz com que exista a necessidade da criação de novas tecnologias e modelos para auxiliar no cuidado de pacientes em ambientes externos a hospitais, como em seus próprios domicílios, por exemplo. A existência de tal demanda impulsionou estudos na área de microprocessadores e de ambientes inteligentes fazendo com que diversas abordagens e tecnologias fossem desenvolvidas para auxiliar no cuidado de pacientes com o objetivo de aumentar a qualidade de vida dessas pessoas.

Tendo em vista a necessidade de novas tecnologias e do aperfeiçoamento do cuidado de pacientes à distância, este trabalho de pesquisa propôs uma abordagem para localizar e identificar usuários dentro de um ambiente domiciliar através do uso da tecnologia Bluetooth. Para isto, foram estudados conceitos, estado da arte, tecnologias, modelos e padrões utilizados e projetado um modelo que implementa a abordagem apresentada. O modelo foi criado de modo a atingir o menor custo financeiro e energético possível, sendo adaptável a ambientes assistidos, que preservasse a identidade do usuário e que os dados obtidos fossem armazenados e disponibilizados, tudo da maneira menos invasiva possível. Após projetado e desenvolvido, o modelo foi testado em diferentes cenários, mostrando-se capaz de atingir os objetivos propostos pela pesquisa.

Palavras chave: Bluetooth, Sensores; Ambientes Assistidos, AAL, Computação Distribuída;

SUMÁRIO

1. Introdução	9
1.1. Motivação	10
1.2. Objetivo Geral	11
1.3. Objetivos Específicos	11
1.4. Delimitações do Trabalho	12
1.5. Metodologia	13
1.6. Organização dos Capítulos	13
2. Embasamento Teórico	15
2.1. Ambientes Assistidos	16
2.2. Tecnologia de Redes	18
2.2.1. Redes Móveis Ad Hoc	19
2.2.2. Redes de Sensores Sem Fio	19
2.2.3. ZigBee	20
2.2.4. Bluetooth	21
2.3. Sensores	21
2.3.1. Sensores Biomédicos	22
2.3.2. Sensores de Ambiente	22
2.4. Simuladores	24
2.4.1. Siafu	24
3. Panorama Geral de AAL	26
3.1. AAL na Europa	26
3.2. AAL no Brasil	27
3.3. Características da Área de Pesquisa de AAL	29
3.4. Considerações do Capítulo	30
4. Trabalhos Correlatos	32

4.1. Análise dos Trabalhos Correlatos	32
4.2. Considerações do Capítulo	39
5. Proposta	41
5.1. Definição da Tecnologia	41
5.2. Definição do Modelo	42
5.3. Definição dos Equipamentos	44
5.4. Codificação	46
5.4.1. Codificação da Aplicação <i>Mobile</i>	46
5.4.2. Codificação do <i>Web Service</i>	49
6. Resultados Experimentais	53
6.1. Execução dos Testes	53
6.2. Ambientes Experimentais	54
6.2.1. Ambiente Não Monitorado	54
6.2.2. Ambiente Monitorado	55
6.2.3. Ambiente Monitorado Com Múltiplos Usuários	59
6.2.4. Ambiente Monitorado Mal Planejado	62
6.2.5. Ambiente Invasivo	66
6.3. Considerações do Capítulo	68
7. Conclusões	70
7.1. Trabalhos Futuros	72
Referências	74
Apêndice A	79
Apêndice B	91
Apêndice C	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Superfície Pré-definida simulando ambiente real.....	34
Figura 2 - Esquerda: <i>Tag RFID</i> ativa. Direita: Leitor <i>RFID</i>	35
Figura 3 - Medidor de inércia acoplado ao calçado do usuário.....	35
Figura 4 - Ambiente de testes com 71 <i>tags RFID</i>	36
Figura 5 - Dispositivos utilizados por Wang et al. (2016)	37
Figura 6 - Usuário vestindo o protótipo	37
Figura 7 - Tela de <i>login</i> e tela principal da aplicação desenvolvida.....	38
Figura 8 - Modelo de avaliação desenvolvido pelos autores.....	39
Figura 9 - Representação do modelo proposto.....	43
Figura 10 - Diagrama de atividade da descoberta de dispositivos	47
Figura 11 - Diagrama de atividade do registro de leituras no servidor	50
Figura 12 - Representação do cenário ideal	56
Figura 13 - Aplicação em execução	57
Figura 14 - Dados enviados pela aplicação <i>mobile</i> registrados no servidor.....	58
Figura 15 - Leitura obtida pelo usuário 1 no primeiro cômodo.....	60
Figura 16 - Leitura obtida pelo usuário 2 no primeiro cômodo	60
Figura 17 - Registros de ambos usuários recebidos pelo servidor	61
Figura 18 - Representação do cenário mal planejado	63
Figura 19 - Aplicação em execução, cenário mal planejado	64
Figura 20 - Estado da aplicação onde não é possível inferir a localização do usuário ...	65
Figura 21 - Terceiro passo de testes do cenário mal planejado	66
Figura 22 - Representação do cenário invasivo.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAL – Ambient Assisted Living – Ambientes Assistidos

MEMS – *Micro Electro-Mechanical Systems* – Sistemas Micro Eletromecânicos

AmI – Ambient Intelligence – Ambiente Inteligente

IoT – *Internet of Things* – Internet das Coisas

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

GPS – *Global Positioning System* – Sistema de Posicionamento Global

RFID – *Radio-Frequency Identification* – Identificação por Radiofrequência

RSSI – *Received Signal Strength Indication* – Indicação da Força de Sinal Recebida

API – *Application Programming Interface* – Interface de Programação de Aplicativos

JSON – *JavaScript Object Notation* - Notação de Objetos JavaScript

PaaS – *Platform as a Service* – Plataforma como Serviço

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Dispositivos utilizados45

1. Introdução

Pesquisas realizadas por autores como Rashidi et al. (2013), Nakagawa et al. (2012) e Wang et al. (2016) na área de ambientes assistidos e *healthcare* trazem o envelhecimento da população como um fato que já é realidade em diversos países. O envelhecimento da população culminou na necessidade do uso de tecnologias mais avançadas para que cuidados básicos pudessem ser oferecidos, e com isso, custos com tais cuidados aumentaram exponencialmente.

Dentro dos cuidados básicos indispensáveis, existia a necessidade de monitorar o estado da saúde de um paciente enquanto o mesmo estivesse fora de um hospital. Em seu domicílio, por exemplo.

Com uma demanda aparente e com o avanço e aperfeiçoamento da tecnologia, diversos protótipos e sistemas passaram a ser desenvolvidos com o objetivo de providenciar *feedback* em tempo real sobre a saúde de um usuário. *Feedback* que serviria tanto para os profissionais da área da saúde quanto para o indivíduo monitorado. Além do sistema retroativo oferecido pelos projetos desenvolvidos, também existia um outro grande objetivo: a habilidade de poder identificar condições iminentes de ameaça à saúde.

O avanço ocorrido na área de microprocessadores, novos materiais de sensoriamento, microssistemas eletromecânicos e comunicação sem fio tem estimulado o desenvolvimento e uso de sensores inteligentes em áreas ligadas a processos físicos, químicos, biológicos, dentre outros (Loureiro, 2015).

Com o objetivo de auxiliar nos cuidados oferecidos à população, este trabalho visa avaliar e desenvolver uma abordagem alternativa de localização e identificação de

usuários dentro de um ambiente assistido. Através do uso de dispositivos eletrônicos e de padrões de comunicação sem fio já conhecidos, um modelo foi implementado e avaliado nos quesitos: dificuldade de implantação, dificuldade de desenvolvimento, nível de intrusão e benefícios obtidos a partir do uso do mesmo.

1.1. Motivação

De acordo com Wagner et al. (2014), o posicionamento e o rastreamento de usuários são importantes fontes de dados para assistência ubíqua em ambientes inteligentes e também para sistemas de reconhecimento de indivíduos. Os autores ainda complementam que dentro de áreas como a de cuidados de idosos e a de ambientes assistidos, tecnologias não invasivas, sem fio e que preservem a privacidade do usuário são indispensáveis.

Aplicações que visam o cuidado de idosos é apenas um tipo de aplicação suportado por sistemas de reconhecimento de atividades em tempo real. Tradicionalmente, o reconhecimento de atividades é feito através do uso de câmeras, sensores corporais e padrões de sinais de rádio de diversas fontes. Entretanto, tais métodos são limitados devido à dificuldade de serem utilizados, baixa capacidade de cobertura ou por invadirem a privacidade de indivíduos (Wang et al., 2016).

A partir de diversos trabalhos e pesquisas realizadas na área foi possível perceber que não há um padrão estabelecido para realizar o reconhecimento e rastreamento de indivíduos em ambientes. Tudo depende da finalidade do sistema, dos níveis de precisão e invasão a serem atingidos e de onde serão aplicados.

Sistemas de rastreamento e identificação de indivíduos, quando utilizados de forma correta, são capazes de proporcionar melhorias na qualidade de vida do ser humano. Com o aperfeiçoamento das técnicas de coletas de dados, informações serão mais precisas e confiáveis ao ponto de auxiliar estudos de qualidade de contexto que consecutivamente farão com que aplicações desenvolvidas, como as de cuidados de idosos, tenham uma enorme melhoria também.

Este trabalho busca identificar tecnologias de baixo valor comercial, com baixo custo energético, que sejam pouco intrusivas ao usuário e que tenham a capacidade de identificar e rastrear usuários que se encontrem dentro de um ambiente assistido.

1.2. Objetivo Geral

O objetivo deste trabalho é investigar o uso de uma tecnologia e desenvolver um modelo que permita a identificação e localização de usuários que se encontram em um ambiente assistido de maneira não intrusiva.

1.3. Objetivos Específicos

1. Apresentar os conceitos relacionados a ambientes assistidos e sensores;
2. Realizar pesquisas sobre o estado atual da arte e trabalhos correlatos;
3. Pesquisar e escolher uma tecnologia que se adapte a um ambiente assistido e torne possível realizar a localização e identificação de usuários de uma maneira não invasiva, considerando a necessidade de ser de baixo custo financeiro e energético;

4. Armazenar os dados referentes à localização e à identificação do usuário para que terceiros possam ter acesso aos mesmos;
5. Manter privacidade de usuários com relação a imagens e atividades realizadas nos locais de monitoramento do ambiente assistido;
6. Realizar testes com a aplicação criada em um ambiente real;
7. Comparar os resultados obtidos com outras soluções desenvolvidas.

1.4. Delimitações do Trabalho

Neste estudo não serão levados em consideração cenários extremos como ambientes onde existam um grande número de pessoas em circulação e/ou utilizando *smartphones* simultaneamente e cenários de falta de energia ou de conectividade. A identificação de indivíduos passa por regulamentações específicas em cada país e governo. Tais regulamentações não são estudadas neste trabalho e, sendo assim, apenas com a permissão do usuário final é possível a coleta de dados.

Levando em conta as limitações impostas pela questão da identificação de usuários, a abordagem desenvolvida terá o intuito de identificar o usuário e o cômodo onde o mesmo se encontra em determinado momento, porém, suas ações e interações com o ambiente ou outros indivíduos não serão registradas, assim como sua identidade visual será preservada.

Durante a fase de captura de dados e testes, ambientes que possuam muitas barreiras que possam obstruir a propagação dos sinais dos dispositivos utilizados serão evitados ou trabalhados com um nível de obstrução mensurado a fim de disponibilizar as condições mínimas para o funcionamento correto da solução. Quanto à

conectividade do modelo, todos os testes serão realizados através da conexão sem fio com a internet encontrada no ambiente de testes sendo que todos os aparelhos utilizados estão conectados na mesma conexão, excluindo assim cenários que façam o uso da internet móvel dos aparelhos.

É importante destacar que restrições como custo e disponibilidade das tecnologias e dispositivos utilizados podem afetar os resultados finais da pesquisa.

1.5. Metodologia

Esta pesquisa é exploratória de cunho tecnológico e busca-se com ela, encontrar possíveis soluções a partir de experimentos em laboratório.

1.6. Organização dos Capítulos

O trabalho está distribuído em 7 capítulos, começando por esse primeiro que foi utilizado para realizar a introdução, apresentação dos objetivos, metodologias e delimitações do projeto.

O capítulo 2 apresenta o embasamento teórico necessário para um melhor entendimento do trabalho como um todo, apresentando conceitos relacionados a ambientes assistidos como redes, sensores e simuladores.

Encontra-se no capítulo 3 o estado da arte contendo um panorama do estado atual de ambientes assistidos tanto no Brasil quanto na Europa para que assim seja possível observar as diferenças em ambos cenários. Na mesma seção também são apresentados alguns desafios que dificultam a ascensão da área.

No capítulo 4 são apresentados trabalhos correlatos à essa pesquisa. Trabalhos que foram utilizados para auxiliar durante as etapas do desenvolvimento projeto assim como as de conclusão e comparação dos resultados obtidos.

Dentro do capítulo 5 é encontrada a proposta deste projeto e também uma descrição mais detalhada sobre o modelo apresentado, sobre as definições de tecnologias, equipamentos e testes.

O capítulo 6 apresenta os cenários de testes propostos junto aos dados coletados e análises feitas em cada situação simulada. Também conta com uma breve comparação entre os cenários.

No capítulo 7 se encontram as conclusões obtidas sobre o modelo criado e sobre os resultados obtidos pela execução dos testes. Sugestões para possíveis trabalhos futuros também se encontram neste capítulo.

2. Embasamento Teórico

O envelhecimento da população é um fenômeno sem precedentes causado pelo aumento da expectativa de vida e pela diminuição da taxa de natalidade. Além disso, de acordo com Nakagawa et al. (2012), pode ser considerado um fenômeno global.

O processo de envelhecimento acontece de uma forma diferente em cada país. Em alguns o processo é mais tardio que outros, sendo que cada um se adapta a esse processo de uma maneira diferente. De acordo com relatos das Nações Unidas, não existem indicações de que a população global irá rejuvenescer no futuro, fato que traz muitas implicações para a vida humana.

Países industrializados têm depositado grandes esforços em pesquisadores dentro de diversas áreas de pesquisas, desde ciências médicas às ciências de tecnologias, com foco na melhoria da qualidade de vida, saúde e independência da população idosa, motivados pelas mudanças demográficas e sociais trazidas pelo envelhecimento da população (Nakagawa et al. 2012).

Devido ao aumento da expectativa de vida é necessário, portanto, o desenvolvimento de novos mecanismos e tecnologias para promover a independência, supervisão e assistência para toda a população. Um dos meios encontrados até então para atingir tais objetivos, são os ambientes inteligentes.

A partir da necessidade de novas tecnologias e mecanismos que auxiliem a população durante o todo o processo de envelhecimento surgiu o *Ambient Assisted Living*. O AAL é um conceito baseado em ambientes inteligentes, fazendo com que a tecnologia sempre esteja presente na vida do ser humano, sem que o mesmo perceba, e ao mesmo tempo traga muitos benefícios ao mesmo. Tecnologias e conceitos

relevantes ao *AAL* serão brevemente descritos nas seções a seguir a fim de proporcionar um melhor entendimento sobre determinados assuntos.

2.1. Ambientes Assistidos

AAL é um conceito considerado novo cuja importância se torna cada vez mais crescente quando relacionado ao atual contexto da sociedade. Este conceito, que engloba tópicos multidisciplinares de pesquisa, tanto na área biomédica como na tecnológica, surgiu na década de 90, porém foi em torno dos anos 2000 que atraiu a atenção de pesquisadores (Nakagawa et al. 2012).

Segundo Broek et al. (2010), *AAL* é definido por conceitos, produtos e serviços voltados à melhoria da qualidade física, mental, social e do bem-estar, incluindo autonomia, independência, conforto, segurança, proteção e saúde para os seres humanos em todos os estágios de suas vidas.

Ambientes assistidos oferecem interfaces amigáveis aos usuários para todos os tipos de equipamentos dentro ou fora de um lar. Tendo como foco principal o indivíduo inserido em um determinado ambiente, os ambientes assistidos respeitam as necessidades de cada indivíduo, adaptando-se à essas necessidades. É possível analisar melhor em tais situações quando pensando nas diferentes necessidades entre idosos e portadores de deficiência, por exemplo.

O *AAL*, a fim de cobrir as mais diferentes necessidades dos usuários, conecta, melhora e propõe novas tecnologias através do relacionamento entre tecnologias de informação e comunicação com os ambientes sociais. Assim, o *AAL* também pode ser definido por sistemas inteligentes de assistência (Broek et al., 2010; Pieper et al., 2011).

As bases da AAL estão em:

- (i) Tecnologias de assistência tradicionais para pessoas com deficiências;
- (ii) Abordagens para permitir acessibilidade, usabilidade e aceitação de tecnologias interativas;
- (iii) Paradigma computacional emergente de *Ambient Intelligence* (Pieper et al., 2011).

Ambient Intelligence é responsável por proporcionar formas de assistência e interação no ambiente humano de forma inteligente, discreta, sem se fazer perceber, diferentemente das tecnologias assistidas tradicionais (Aarts et al. 2001).

Por mais que a *AmI* faça a integração dos mais diversos tipos de tecnologia, é importante ratificar que um de seus principais focos é fazer com que as mesmas se façam despercebidas ao usuário, que sejam integradas de forma natural e não intrusiva no contexto dos ambientes dos usuários, como se fossem simples objetos e não instrumentos tecnológicos (Stephanidis, 2011).

Apesar do fato de o AAL ser um conceito relativamente novo, a necessidade do mesmo na vida do ser humano é quase que notória e a quantidade de benefícios que podem ser obtidos a partir de seu uso não pode ser mensurada. Como mencionado neste capítulo, é um conceito que visa apenas a assistência ao indivíduo, seja assistência à sua saúde ou com suas tarefas diárias. Sendo assim, a evolução e desenvolvimento da tecnologia deve ser incentivada e, ao passo de que a mesma evolui e se adapta ao ser humano, o ser humano também deve se adaptar à mesma para que assim ambos possam evoluir juntos.

2.2. Tecnologia de Redes

Uma rede de computadores é formada por um ou mais computadores conectados um ao outro por um meio de transmissão, sendo capaz de trocar informações e compartilhar recursos. Estas são constituídas por um grupo de módulos processadores, onde qualquer dispositivo é capaz de notificar através do sistema de comunicação por troca de dados (Tanenbaum, 2003).

Apesar de não ser visível ao usuário final, um ambiente inteligente é uma grande rede de dispositivos interligados que passam a trocar informações uns com os outros. É essa troca de informações entre os aparelhos que torna possível o desenvolvimento dos mais variados sistemas responsáveis por auxiliar um indivíduo.

Tendo em vista do que é uma rede e de qual é seu papel dentro de um *AAL*, é possível observar uma das primeiras dificuldades enfrentadas para o desenvolvimento de um ambiente inteligente: como fazer dispositivos diferentes, construídos por fábricas diferentes e que possuem objetivos diferentes trocarem informações? Trazendo esse problema para uma perspectiva diferente: Como fazer com que um chinês se comunique com um brasileiro e um alemão sem que nenhum deles tenha estudado a língua do outro antes.

A solução para o problema apresentado é alcançada através do uso de protocolos. Protocolos são padrões de linguagem que podem ser utilizados pelos dispositivos fazendo com que os mesmos possam “conversar” na mesma linguagem e consequentemente entender uns aos outros. Na parte do desenvolvimento deste projeto será apresentado o protocolo escolhido e como o mesmo foi utilizado para fazer com que os dispositivos pudessem interagir uns com os outros.

2.2.1. Redes Móveis Ad hoc

As redes móveis ad hoc não fazem uso de uma infraestrutura fixa, os nodos se comunicam entre si diretamente ou fazendo o uso de transmissores e receptores sem fio (Campbell, 2003). De acordo com Santini (2005), o fato desse tipo de rede não utilizar uma infraestrutura fixa, é o que a difere dos demais tipos de redes móveis.

Campbell (2003) afirma que as redes ad hoc representam sistemas distribuídos complexos que são constituídos por nodos capazes de se organizar de forma livre e dinâmica conforme a necessidade, caracterizando um sistema autônomo que contém nodos móveis e independentes.

Assim como qualquer outro tipo de rede sem fio, problemas relacionados ao controle de energia, otimização da largura de banda e qualidade de transmissão são existentes no modelo ad hoc. E, além dos problemas herdados, novos problemas são identificados devido à forma em que a rede atua (Wu, 2004).

Esta arquitetura é extremamente flexível e pode ser utilizada em locais onde uma infraestrutura fixa é complexa de se implementar.

2.2.2. Redes de Sensores Sem Fio

As redes de sensores sem fio são um tipo de redes ad hoc onde os nodos são dispositivos portáteis, os quais possuem sensores capazes de monitorar o ambiente onde se encontram, coletar dados (temperatura, pressão e umidade) e até mesmo enviar os dados previamente coletados (Santini, 2005; Carle, 2004).

De acordo com Stankovic (2003), o que difere as redes de sensores sem fio das demais redes ad hoc é o fato de que as redes de sensores são altamente centradas à coleta de dados e orientada a aplicações.

Hac (2003) cita que as redes de sensores sem fio ainda apresentam muitos desafios, assim como os demais tipos de redes ad hoc, necessitando de atenção no que se diz a respeito ao uso em larga escala. Entre os principais pontos citados, estão: a conservação de energia, a comunicação de baixa qualidade e fatores como o processamento de dados.

2.2.3. ZigBee

ZigBee¹ é um padrão de rede sem fio baseado na topologia de malha. Foi projetado para oferecer suporte à conexão entre dispositivos, fazendo com que a mesma possa ser feita de uma maneira segura, confiável e, ao mesmo tempo, sendo uma solução de baixo custo financeiro e energético.

Neste tipo de rede os dados são capturados pelos nodos (sensores) e depois enviados através do coordenador da rede aos nodos porta (*gateway*), que posteriormente são responsáveis por enviar os dados coletados a um outro sistema onde os dados possam ser armazenados, manipulados e processados (Nazário, Tromel, Dantas, Todesco, 2014).

¹ <http://www.zigbee.org>

2.2.4. Bluetooth

Bluetooth é uma tecnologia de comunicação que foi desenvolvida no ano de 1994 pela Sony-Ericsson. Cerca de quatro anos após seu lançamento, a mesma empresa se uniu com mais empresas do ramo, criando grupo que tinha como objetivo aperfeiçoar a tecnologia ainda mais.

Logo após a criação do grupo, o Bluetooth foi transformado em um padrão para transmissão de dados e para que áudio possa ser tocado sem fio (Guo-cheng et al., 2013). De acordo com Huang et al. (2014), cerca de 2 bilhões de dispositivos que comportam a tecnologia Bluetooth foram enviados durante o ano de 2012, o que é equivalente a 50 milhões de dispositivos enviados a cada dia durante todo o ano.

2.3. Sensores

Um sensor é um mediador capaz de converter uma ou mais medidas ou variáveis físicas em uma variável de sinal equivalente de outro tipo de quantidade, dentro de um quadro ou unidade. Um sensor mede um parâmetro selecionado e inclui o elemento convertendo-o em um sinal (Grimmes, Hogetveit, Ziad, 2012, pg.357).

Sensores são importantes fontes de dados dentro de ambientes assistidos. Os dados coletados por eles possibilitam a criação de importantes informações que são responsáveis por auxiliar na tomada de decisões dentro de sistemas inteligentes. É possível afirmar que praticamente todos os dispositivos criados nos dias de hoje possuem pelo menos um sensor acoplado. Um *smartphone* pode ser um dos exemplos mais simples encontrados visto que o mesmo pode conter sensores de proximidade até mesmo sensores de batimentos cardíacos.

2.3.1. Sensores Biomédicos

O termo “biomédico” possui definições as quais podem ser consideradas ambíguas. Tais definições variam de traduções médicas diretas a definições amplas relacionadas aos campos da biologia, medicina, ciências físicas e psicológicas.

No sentido do uso humano, sensores biomédicos são dispositivos que convertem qualquer sinal relacionados aos humanos em outras quantidades, usualmente sinais elétricos, representando uma conexão entre um sistema biomédico e um de gravação de dados (Grimmes, Hogetveit, Ziad, 2012, pg.357).

Com o avanço da tecnologia na área de sensores biomédicos, os mesmos se tornaram cada vez mais sofisticados e até mesmo mais portáteis, o que culminou na criação dos dispositivos *wearables* - vestíveis. De acordo com Alexandros Pantelopoulos e Nikolaos G. Bourbakis (2010), estes compreendem vários tipos de sensores biomédicos capazes de mensurar parâmetros fisiológicos significativos tais como: frequência cardíaca, pressão sanguínea, temperatura da pele e corpo, saturação de oxigênio, frequência respiratória, eletrocardiograma entre outros dispositivos. Há também sensores que podem ser implantados ou ingeridos.

2.3.2. Sensores de Ambiente

Sensores de ambiente são fundamentais para o desenvolvimento e implementação de ambientes assistidos e de ambientes inteligentes. Em relação ao AAL, Broek et al. (2010) cita que estes sensores permitem o cumprimento de importantes necessidades acerca da definição do que é AAL, levando em conta a habilidade dos mesmos terem a capacidade de ser:

(i) personalizáveis (necessidades do usuário); (ii) adaptativos (capazes de reagir adaptativamente a mudanças dinâmicas na avaliabilidade do serviço e dispositivos, a disponibilidade dos recursos, ao sistema do ambiente, as requisições do usuário); e (iii) antecipatório (antecipando os desejos e necessidades dos usuários o quanto antes for possível sem mediação consciente). Também precisam ser não invasivos e invisíveis, distribuídos pelo ambiente ou diretamente integrados aos móveis e utensílios.

Sensores de movimento, temperatura, luminosidade e de fumaça são exemplos de sensores de ambientes. Geralmente são integrados e trabalham em conjunto com o objetivo de monitorar um determinado ambiente, captando dados com em uma certa frequência a fim de alimentar um outro sistema que é responsável por fazer a leitura desses dados e tomar decisões levando em conta os dados obtidos. Em contrapartida aos sensores biomédicos, os sensores de ambientes possuem medições que servem para prover dados gerais, não sendo necessariamente ou diretamente mensurados via fontes biológicas.

Assim como nos sensores biomédicos, o avanço da tecnologia permitiu com que os sensores se tornassem cada vez mais precisos e portáteis, fazendo com que os mesmos sejam cada vez menos intrusivos, mais eficazes e eficientes.

No contexto de *AAL* e *Aml*, sensores de ambientes auxiliam na captação de dados do ambiente onde estão inseridos, com a finalidade de fornecer dados para um outro sistema que é capaz de adaptar as condições do ambiente levando em conta os dados lidos, melhorando a qualidade de vida e de saúde do usuário final.

2.4. Simuladores

Simuladores permitem que condições difíceis de serem atingidas num ambiente real possam ser testadas, aumentando a confiabilidade do sistema. Além de situações extremas, podem ser simulados os mais variados tipos de ambientes, fazendo com que seja possível a aplicação do mesmo sistema em diferentes situações com diferentes valores e variáveis.

2.4.1. Siafu

Siafu² é um simulador de contexto *open source* desenvolvido na linguagem Java, através dele é possível simular contextos dado um determinado cenário a fim de gerar informações úteis para o desenvolvimento de aplicações assim como para testes.

A aplicação já proporciona alguns cenários pré-definidos, porém é possível construir cenários de acordo com a necessidade, por mais específico que seja a aplicação a ser utilizada em conjunto. Os cenários podem ser monitorados graficamente, através da interface disponibilizada pelo próprio programa, e também podem ser monitorados através de dados disponibilizados em arquivos CSV ou acessados via *listeners*.

A criação de novos cenários é feita a partir de três passos. O mapa do cenário é criado no primeiro passo, assim como a área de circulação dos agentes, a criação das variáveis de contexto, a identificação dos locais dentro da área e pôr fim a construção de diferentes níveis contendo diferentes informações.

² <http://siafusimulator.org/>

Na segunda parte do processo acontece a programação do comportamento do sistema. Serão programados o comportamento dos agentes (para onde vão, o que fazem), o comportamento do mundo, ou cenário, determinando o que acontece com os lugares dentro dele e por fim é programado o contexto, determinando como os níveis previamente se comportam em relação ao tempo. O último passo consiste em fazer o empacotamento de tudo o que foi criado até então para que seja possível executar o novo cenário no próprio Siafu.

3. Panorama Geral de AAL

Como mencionado na seção 2.1, o *Ambient Assisted Living*, apesar de ser um conceito considerado novo na área da tecnologia, está em constante evolução. Desta forma a abordagem desta seção terá como escopo o panorama atual de ambientes assistidos.

De acordo com Copetti et al. (2009) e Rodrigues et al. (2012) o AAL pode se tornar uma área estratégica de estudo no Brasil devido ao fato de que a mesma não foi investigada de uma forma abrangente por pesquisadores junto ao fato de que a área da ciência da computação não dedicou a atenção necessária para a tecnologia.

Por mais que isso tenha acontecido até então, o país tem lançado algumas iniciativas interessantes na área. Segundo Nakagawa et al. (2012), também faltou apoio por parte do setor de engenharia de software, que não providenciou novas maneiras de implementação e nem encorajou a comunidade a desenvolver sistemas AAL para o Brasil assim como para o mercado internacional.

3.1. AAL na Europa

Devido ao envelhecimento da sua população, a União Europeia lançou um plano que contém uma série de medidas para que esse processo aconteça da melhor maneira possível. Tal plano contém medidas que estimulam a inovação e impulsionam pesquisas. Broek et al. (2010) citam que foram investidos cerca de 1 bilhão de euros em pesquisas e inovação na área sendo que 600 milhões de euros foram destinados diretamente à AAL. O investimento se deu durante o ano de 2009 até 2013 e foi providenciado por países pertencentes à União Europeia juntamente ao setor privado.

Além deste incentivo, também existem eventos e programas que reúnem pesquisadores de quase todas as regiões da união que têm o objetivo de discutir desafios, oportunidades e também de expandir o mercado e a indústria.

Neste contexto Nakagawa et al. (2012) afirma que é possível observar facilmente que a Europa e até mesmo a América do Norte estão bastante avançados em pesquisas na área de *AAL*, comparando ambos a países emergentes. A vantagem não se dá apenas por pesquisas, também é perceptível através do nível da inovação que contempla múltiplas áreas como medicina, sociologia, engenharia e ciência da computação assim como os mais diversos segmentos (universidades, empresas de diversos tamanhos, instituições de saúde).

3.2. *AAL* no Brasil

Para caracterizar o estado atual do Brasil em relação a *AAL*, Nakagawa et al. (2012) identificaram uma série de parâmetros a serem considerados para que fosse possível construir uma visão geral detalhada e completa. São eles:

(i) Envelhecimento da população: o envelhecimento populacional também começou a atingir o Brasil e segundo o IBGE (2008), perto do ano de 2030 ou 2040, 20% da população economicamente ativa do Brasil será constituída por idosos;

(ii) Cenário econômico brasileiro: No ano em que foi realizado a pesquisa, o Brasil era considerado um país com grande potencial de crescimento e isso foi considerado um ponto positivo para o desenvolvimento e pesquisa de novas tecnologias *AAL*;

(iii) Familiares cuidando de idosos: O Brasil tem seguido a tendência mundial onde os familiares, geralmente as mulheres, que cuidavam dos idosos estão tendo cada vez menos tempo para desempenhar tal função visto que estão participando cada vez mais do mercado de trabalho;

(iv) Acesso para cuidados em domicílio: Estes tipos de serviços não são muito comuns no Brasil. Ao mesmo tempo que são escassos, os que existem são caros para a maioria da população;

(v) Saúde pública e serviços de seguro social: No Brasil existe um sistema de saúde público, porém o mesmo não é capaz de suportar toda a demanda a que é submetido. Nesse caso, AAL poderia ser uma forma de auxiliar o serviço, auxiliando no monitoramento de pacientes.

(vi) Pesquisa em humanos e áreas biológicas: considerando o cenário brasileiro, áreas específicas como geriatria, enfermagem, medicina, terapia e fisioterapia para idosos poderiam ser considerados como áreas de trabalho de alta prioridade para a ciência da computação. (Nakagawa et al., 2012);

(vii) Grupos de pesquisa em engenharia de software: existe um grande número de grupos de pesquisa de engenharia de software no Brasil que possuem um alto nível de qualidade e adiciona que por mais que existam esses grupos, os mesmos não têm como sua área de foco o AAL (Nakagawa et al., 2012).

3.3. Características da Área de Pesquisa de AAL

Nakagawa et al. (2012) afirmam que, para que o AAL se torne um campo viável de pesquisa no Brasil, existem alguns pontos os quais os autores acreditam ser desafios ou requerimentos que precisam ser satisfeitos, caracterizando a área da seguinte maneira:

(i) Multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade: AAL pode ser considerado um campo multidisciplinar que vem se tornando cada vez mais interdisciplinar visto que vem envolvendo diversos e diferentes conhecimentos de múltiplas áreas. O que torna o desenvolvimento e pesquisa dessa área complexa é o fato de ser necessário conciliar os métodos de pesquisa, de desenvolvimento e características específicas de ambas as partes multidisciplinar e interdisciplinar;

(ii) A ciência da computação e a engenharia de software podem ser consideradas áreas essenciais para o desenvolvimento de sistemas AAL. O primeiro, que pode ser vista como uma área transdisciplinar, por envolver grande parte dos conceitos relacionados a AAL e o segundo por auxiliar no desenvolvimento desses sistemas, mais especificamente. Sendo assim, é necessário que os projetos AAL possuam uma perspectiva transdisciplinar.

(iii) Envolvimento da indústria: O setor privado do Brasil se comporta como o setor privado de qualquer outro país emergente. O autor também acrescenta que para que esse setor colabore com o desenvolvimento da área é necessário que sejam incentivados através de novas tecnologias desenvolvidas e avanços alcançados. Há

também a citação que as principais fontes de investimentos e o governo (através de universidades e agências especializadas) e o setor privado (através de departamentos dedicados ao desenvolvimento);

(iv) Política e legislação: Deveriam existir políticas de incentivo ao desenvolvimento da área, assim como já acontece em alguns países da Europa. Também existem perspectivas as quais o país deveria se adequar: fazer com que a legislação proteja o usuário, visto que certos serviços atuam diretamente com a vida do ser humano, e incentivos para inovação científica e tecnológica a fim de criar um ambiente adequado para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do AAL;

(v) Desafios culturais: Os desafios culturais podem ser considerados os fatores mais importantes e difíceis de se lidar no que se refere à influência do valor cultural no comportamento individual e comunitário (Knott et al., 2008).

Culturas, como por exemplo as usadas no mercado, devem ser adaptadas devido ao fato de que o envelhecimento já afeta grande parte da população economicamente ativa. O Brasil tem melhorado nesse quesito visto que o número de trabalhadores acima de 65 anos vem crescendo cada vez mais (Nakagawa et al., 2012).

3.4. Considerações do Capítulo

Analisando o estado em que o conceito se encontra, é possível observar grandes diferenças quanto o nível de amadurecimento e de desenvolvimento do mesmo quando

comparando o que se é encontrado aqui no Brasil com o que é encontrado na Europa ou na América do Norte, por exemplo.

A diferença do estado da arte no caso citado acima é eminente visto que no continente europeu, por exemplo, o incentivo e investimento em tecnologia e em pesquisa é muito maior do que se é encontrado aqui no Brasil. Além de possuir uma maior motivação, deve-se considerar o fato de que o envelhecimento populacional pode ser percebido mais cedo no continente europeu, fazendo com que a necessidade tenha sido percebida mais cedo e que as tecnologias e soluções fossem estudadas a mais tempo.

Entretanto, apesar da disparidade encontrada e da situação vivenciada no Brasil, autores afirmam que o conceito ainda pode se firmar no país.

4. Trabalhos Correlatos

Como foi visto na seção 2.1, Ambientes Assistidos e a Internet das Coisas são conceitos considerados novos, que se encontram em ascensão e são grandes apostas para as tecnologias do futuro.

Apesar de serem novos, as publicações encontradas já são maduras o suficiente para realizar a comparação da aplicação de diferentes tecnologias em diversos tipos de ambientes sob variadas condições assim como a comparação de diferentes abordagens e soluções para um mesmo problema ou dificuldade.

A pesquisa realizada na literatura teve o objetivo de construir o conhecimento básico necessário para que os objetivos específicos deste projeto pudessem ser atingidos. Além de construir uma base de conhecimento técnico, a pesquisa foi essencial para que fosse possível compreender melhor o foco dos pesquisadores e as tendências existentes.

Com a análise de pesquisas relacionadas, é perceptível que o uso de métodos tradicionais para a identificação da localização de um usuário, como por exemplo o uso de *GPS* e câmeras, não é indicado. Foi possível perceber também que muitas vezes fatores como nível de intrusão, custo financeiro, aplicabilidade e a identificação de usuários não eram levados como objetivos principais de pesquisa.

4.1. Análise dos Trabalhos Correlatos

Sendo um dos objetivos deste trabalho a identificação de uma tecnologia que melhor se adaptasse a um ambiente assistido, foram estudadas pesquisas que

desenvolvessem abordagens semelhantes utilizando tecnologias diferentes para que assim uma comparação pudesse ser feita.

O trabalho realizado por Tanikawa (2016) foi tomado como ponto de partida para o desenvolvimento desta pesquisa. Neste trabalho, o autor apresenta como o uso da tecnologia *RFID* pode auxiliar na localização e reconhecimento de indivíduos. Além de mostrar como a tecnologia pode ser utilizada, o autor desenvolve e coloca em funcionamento um modelo a fim de validar os objetivos de sua pesquisa. O autor também demonstra a capacidade do modelo de persistir e disponibilizar registros obtidos na nuvem.

Uma das pesquisas estudadas foi a realizada por Tesoriero et al. (2009). Os autores afirmam que o reconhecimento da localização é um ponto chave para o desenvolvimento de entidades autônomas que se encontram em ambientes ubíquos e indagam o uso de *GPS* para tais finalidades, principalmente quando é necessário atingir determinados níveis de precisão, propondo um novo modelo através do uso de *RFID*. No trabalho desenvolvido pelos autores é montado um sistema capaz de identificar a localização de entidades autônomas, como pessoas e robôs, a partir de uma superfície pré-definida. Essa superfície contém uma série de *tags RFID* acopladas que mapeiam a superfície real para uma superfície virtual. O mapeamento é feito através de um leitor que é transportado pela entidade, nos testes realizados foi utilizado um robô, responsável por enviar para um servidor os dados de cada *tag* identificada. Além da implementação do modelo, os autores também compararam a performance da tecnologia utilizada com outras alternativas como Bluetooth e *Wi-Fi*.



Figura 1 - Superfície Pré-definida simulando ambiente real.

[Tesoriero et al. (2009)]

O trabalho realizado por Ruiz et al. (2012) também faz o uso de *RFID* para realizar a identificação da localização de entidades, porém, nesse caso, os autores focam na localização de pessoas dentro de um ambiente fechado através da fusão de técnicas utilizadas na navegação inercial com o uso de *RFID* ativo. Unidades medidoras de inércia para a estimação de posição são acopladas aos pés do usuário que trabalham com o auxílio das forças de sinais obtidas por *tags RFID* ativas que se encontram em pontos específicos dentro do recinto. Os dispositivos utilizados pelos usuários e o ambiente de testes com a disposição das tags podem ser observadas nas imagens a seguir.



Figura 2 - Esquerda: Tag RFID ativa. Direita: Leitor RFID.

[Ruiz et al. (2012)]



Figura 3 - Medidor de inércia acoplado ao calçado do usuário.

[Ruiz et al. (2012)]

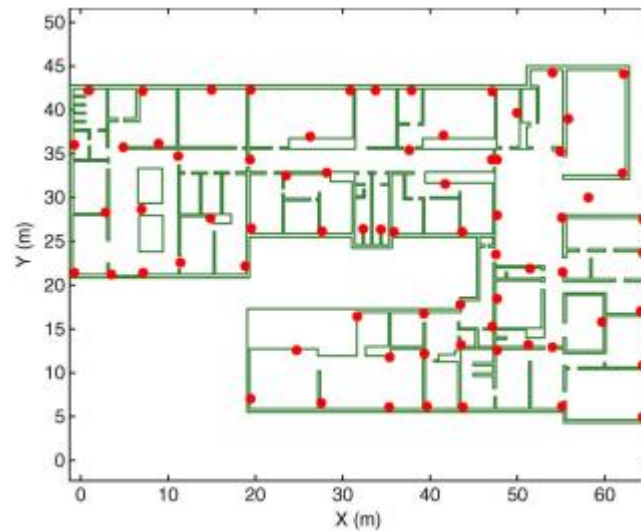


Figura 4 – Ambiente de testes com 71 tags RFID.

[Ruiz et al. (2012)]

Wang et al. (2016), assim como outros autores, questiona as abordagens até então usadas para realizar a identificação de atividades executadas por usuários visto que as mesmas podem não ser de tão fácil uso e aplicação, sem contar que nas possibilidades de invasão de privacidade.

O projeto realizado pelos autores consta em um sistema que necessita ser vestido pelo usuário, baseado no uso da tecnologia *RFID* que tem como principais objetivos ser uma solução de fácil utilização com uma alta capacidade de detecção de movimentos. O sistema proposto conta com o uso de *tags RFID* passivas, que proporcionam um conjunto livre de manutenção, enquanto o usuário precisa utilizar um pequeno leitor *RFID* a fim de aumentar a cobertura da leitura dos movimentos enquanto o usuário se move.

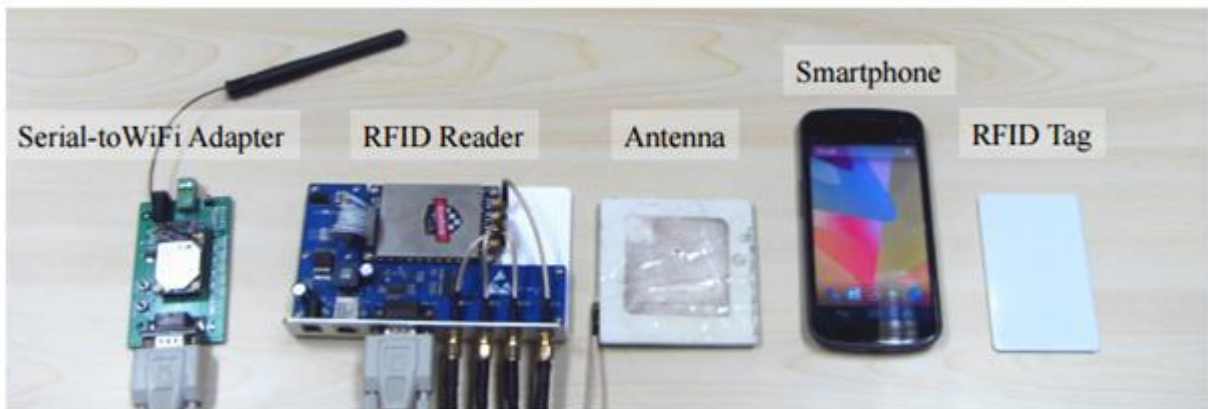


Figura 5 - Dispositivos utilizados por Wang et al. (2016).

[Wang et al. (2016)]

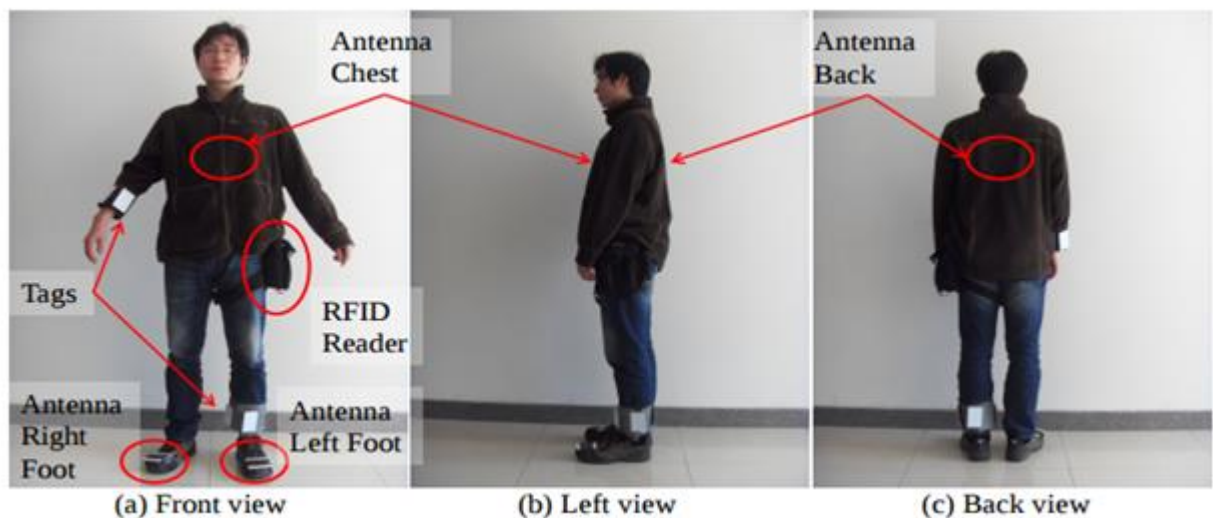


Figura 6 - Usuário vestindo o protótipo.

[Wang et al. (2016)]

Pesquisas que utilizam outras tecnologias como base de seus projetos também foram analisadas, como por exemplo o trabalho construído por Chen et al. (2011). O seu estudo tem como base uma rede Bluetooth que se encontra dentro de um ambiente fechado, como um escritório por exemplo, e possui como objetivo identificar o posicionamento de um usuário que se encontra dentro do recinto através dos sinais

enviados pelo dispositivo Bluetooth utilizado pelo mesmo, registrando a força dos sinais enviados. Como um objetivo mais específico, os autores também propuseram um método de filtragem de informação com base na velocidade de detecção de sinais. O método combina as leituras de sinais mais recentes com as demais leituras realizadas previamente. Tal método foi implementado motivado pelo intervalo relativamente longo entre o disparo de um sinal e outro.

Diaz et al. (2010) assim como outros autores, ressaltam que os métodos tradicionais podem não ser tão eficientes quando implantados dentro de ambientes fechados. Seguindo os padrões utilizados pelos projetos baseados em Bluetooth, os autores construíram um sistema que conta com estações distribuídas pelo ambiente, responsáveis por fazer a leitura da força de sinais Bluetooth. Com os dados recolhidos pelos dispositivos, a distância entre as estações e os dispositivos Bluetooth é calculada. Além do desenvolvimento do sistema, o trabalho realizado também propõe diferentes métodos que podem ser utilizados para realizar a leitura dos dados obtidos e os autores também construíram uma aplicação que tornasse possível identificar a localização de outros usuários.



Figura 7 - Tela de login e tela principal da aplicação desenvolvida.

[Diaz et al. (2010)]

Neburka et al. (2016) realiza um estudo com ênfase no uso de Bluetooth para o desenvolvimento de sistemas e métodos que possuem como objetivo a localização da posição de indivíduos e de seus dispositivos dentro de ambientes fechados. Assim como outros autores, o estudo desenvolvido usa o indicador de força de sinal recebido (*RSSI*) para inferir a localização de determinado usuário, porém, indo um passo além, os autores amplificam os testes, realizando-os em ambientes anecóicos (livres de eco) bem como em ambientes reais (escritórios), avaliando os resultados a partir de um framework genérico proposto pelos próprios autores.

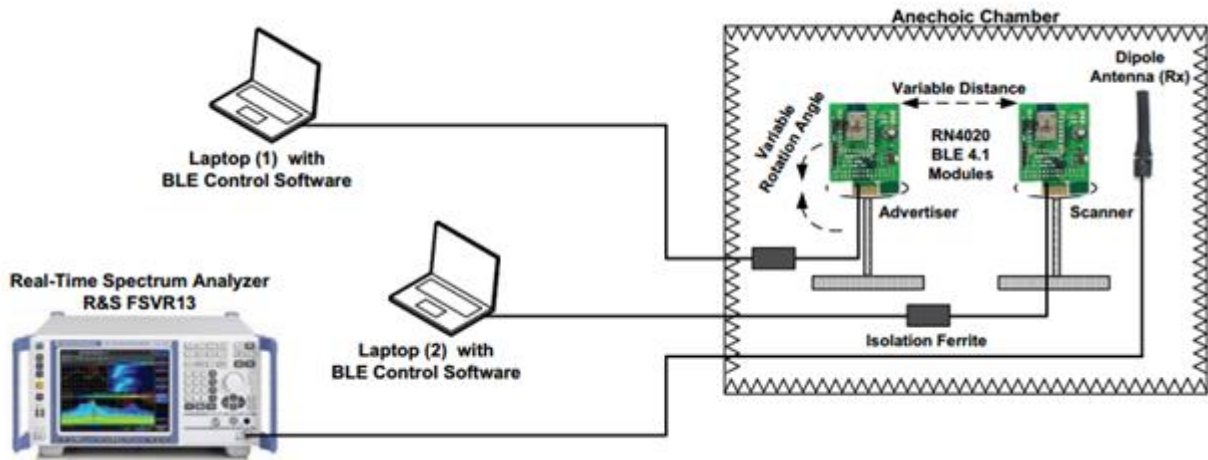


Figura 8 – Modelo de avaliação desenvolvido pelos autores.

[Neburka et al. (2016)]

4.2. Considerações do Capítulo

Analisando os trabalhos e os comparando foi possível identificar tendências utilizadas que variam de acordo com a tecnologia utilizada. Por exemplo, o uso da leitura da força de sinal é uma técnica muito comum naqueles trabalhos que utilizam o

Bluetooth para realizar a identificação da localização enquanto os trabalhos que fazem o uso de *tags RFID* necessitam de uma série de dispositivos acoplados ao usuário.

Além das tendências citadas, é possível observar que grande parte dos trabalhos foca em questões como o desempenho do sistema e na eficiência de localização de entidades no mesmo, deixando de lado outros fatores muito importantes como custo energético, custo financeiro, nível de intrusão, aplicabilidade e capacidade de identificação de usuários.

5. Proposta

O envelhecimento da população mundial, fato identificado tanto por pesquisadores da área da saúde quanto por pesquisadores de áreas como *healthcare* e *AAL*, fez com que existisse a necessidade de ampliar e melhorar os cuidados básicos oferecidos à população. A tecnologia foi utilizada como um meio de satisfazer essa necessidade, culminando na demanda da criação de novas tecnologias e abordagens assim como na necessidade de aperfeiçoar aquelas já existentes. Todos os esforços visam uma melhor qualidade de vida para as pessoas que estão passando pelo processo de envelhecimento.

Aliando tais necessidades ao objetivo de desenvolver os seus conceitos relacionados, a proposta é criar e avaliar um modelo que identifique onde determinado usuário se encontra dentro de um domicílio e quem é esse usuário, tudo da forma menos perceptível ao usuário e utilizando uma tecnologia de baixo custo que se adapte em um *AAL*.

5.1. Definição da Tecnologia

Para desenvolver a proposta deste projeto o primeiro passo foi identificar uma tecnologia que se adaptasse da melhor forma nos objetivos a serem atingidos. Levando em conta as tecnologias já conhecidas e a análise feita em trabalhos relacionados, a tecnologia escolhida foi o Bluetooth.

O Bluetooth por ser uma tecnologia consideravelmente comum nos dispositivos de hoje, satisfaz a necessidade de ser uma tecnologia de baixo custo, ao passo de que para construir o sistema proposto não foi necessário adquirir nenhum novo

equipamento. O que a tornou ainda mais viável ao modelo da proposta foram suas características de possuir um bom alcance de sinal; baixo custo de energia e, principalmente, por estar em constante desenvolvimento.

Além das características já citadas, a sua facilidade de uso e flexibilidade, característica que auxilia bastante na adaptação ao contexto desejado, fazem do Bluetooth uma tecnologia adequada para se trabalhar com a interconectividade de dispositivos, tornando-se ideal para ambientes assistidos, como descrito em muitos estudos. Essa flexibilidade permite que o sistema seja modelado de uma forma a proteger dados privados pertencentes ao usuário, tornando possível que sua privacidade seja respeitada.

5.2. Definição do Modelo

Com a decisão de qual tecnologia iria servir de base para a construção da abordagem, o próximo passo foi pensar em como construir o modelo de fato, fazendo a definição dos componentes do sistema e de como os mesmos iriam interagir uns com os outros e também como os componentes interagiriam com o usuário.

O modelo foi definido levando em consideração fatores importantes para o desenvolvimento deste projeto como a máxima redução de custo, baixo custo energético, baixo nível de intrusão, facilidade de implantação e também a privacidade do usuário.

Como pode ser observado na figura 9, o modelo proposto foi montado sobre uma arquitetura cliente-servidor e possui três componentes essenciais para o seu

funcionamento, sendo eles: os dispositivos Bluetooth presentes no ambiente, o smartphone carregado junto ao usuário e, por fim, o servidor.

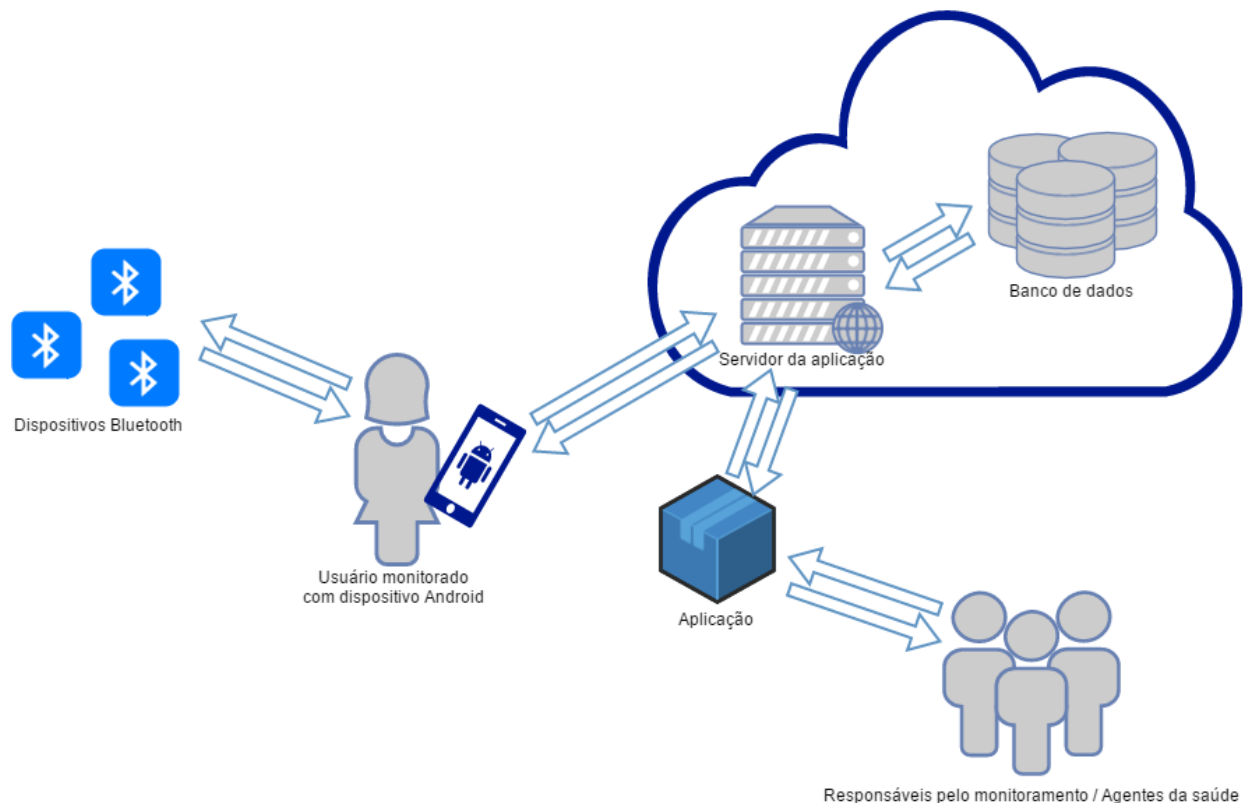


Figura 9 – Representação do modelo proposto

[Autor]

O funcionamento do modelo se dá pela seguinte maneira: os dispositivos Bluetooth se encontram dispersos pelo ambiente onde o usuário a ser monitorado irá transitar e estão constantemente emitindo sinais. Ao mesmo tempo, o aparelho celular carregado pelo usuário monitorado permanece enviando requisições aos dispositivos espalhados pelo ambiente e ao passo que os mesmos respondem a essa requisição, o aparelho celular interpreta e trata tais respostas, fazendo a medição da força do sinal

recebido por cada dispositivo e enviando esses dados ao servidor, responsável por armazenar os mesmos.

Assim como encontrado em alguns dos trabalhos correlatos, no modelo aqui apresentado, a localização do usuário é identificada levando em consideração as medições da força de sinal recebidas pelo *smartphone* provenientes dos dispositivos localizados em cada cômodo do ambiente. Sendo possível inferir a localização do usuário pela simples comparação dos valores obtidos a partir de cada dispositivo, em cada registro e em um determinado período.

Dentro do modelo, o usuário será representado por um número identificador, preservando assim sua identidade. O número identificador de cada usuário é determinado dentro da própria aplicação móvel e esse registro faz parte de cada entrada no banco de dados.

Os registros persistidos no banco de dados, de maneira sucinta, serão compostos pelo número identificador do usuário, o registro da força de sinal de cada dispositivo e o momento de quando a leitura foi feita.

5.3. Definição dos Equipamentos

Tendo uma noção de como seria o funcionamento do modelo proposto, outro ponto muito importante para o desenvolvimento da abordagem foi a definição dos equipamentos a serem utilizados.

Fatores que influenciaram outras etapas do desenvolvimento deste projeto também surtiram efeito durante a definição dos equipamentos. A eficiência energética e,

principalmente, o custo dos dispositivos foram características cruciais durante a escolha.

Com o objetivo de minimizar custos, dispositivos previamente adquiridos pelo autor para outras finalidades que são passíveis de Bluetooth foram tidos como os aparelhos que compõem o ambiente onde o usuário transitará. Os dispositivos escolhidos e suas informações relevantes são encontrados na tabela a seguir.

Dispositivo	Versão Bluetooth	Bateria (mAh)	Duração da bateria (valor aproximado)
iPhone 6s	4.2	1715	15 horas
Speaker Anker A3143	4.0	5200	8 horas
Notebook MSI Apache Pro GE72 2QF	4.0	-	4 horas

Quadro 1 – Dispositivos utilizados.

[Autor]

Quanto à definição do aparelho celular a ser portado pelo usuário, além da necessidade de satisfazer questões como custo e eficiência energética, era necessário que o mesmo tivesse um sistema operacional Android e também contasse com Bluetooth. Tais características adicionais se tornaram essenciais devido ao fato de o aparelho ter que executar a aplicação responsável pela leitura dos sinais recebidos dos dispositivos encontrados no ambiente. O dispositivo escolhido para tal finalidade foi um

Samsung Galaxy Ace 4 Lite Duos, o qual já tinha sido adquirido pelo autor e possui Bluetooth 4.0, satisfazendo todas as necessidades.

5.4. Codificação

Tendo em mãos todas as informações necessárias, os dispositivos necessários, uma estrutura, planos e objetivos definidos foi então iniciada uma fase de extrema importância para a realização deste trabalho: a codificação das aplicações.

A fase de codificação teve como objetivo fazer com que os componentes existentes no modelo proposto conseguissem realizar a troca de informações tornando possível a coleta de dados para que testes pudessem ser feitos e então a abordagem proposta avaliada.

Para que o modelo proposto pudesse ser construído, a etapa de codificação contou com a criação do *web service* e também da aplicação executada no *smartphone*, por parte do usuário. Desta maneira a arquitetura cliente-servidor citada anteriormente na determinação do modelo foi implementada.

Esta etapa foi elaborada, assim como as demais, procurando fazer com que o projeto atinja seus objetivos. Sendo assim, foi optado por uma infraestrutura de servidor e ferramentas de desenvolvimento *open source*, livres de qualquer custo.

5.4.1. Codificação da Aplicação Mobile

A aplicação executada no *smartphone* foi inteiramente desenvolvida em Java e só é possível rodar a mesma em *smartphones* Android a partir da versão 4.4 (KitKat).

Como dito anteriormente, a aplicação é responsável por identificar a força de sinal entre o celular, que está junto do usuário a ser monitorado, e os dispositivos desejados, tornando possível inferir onde o usuário se encontra em determinado momento.

A força de sinal é medida através do uso do adaptador *Bluetooth* encontrado no aparelho que pode ser manipulado programaticamente. A aplicação faz com que o adaptador envie sinais de reconhecimento de dispositivos *Bluetooth* com certa frequência.

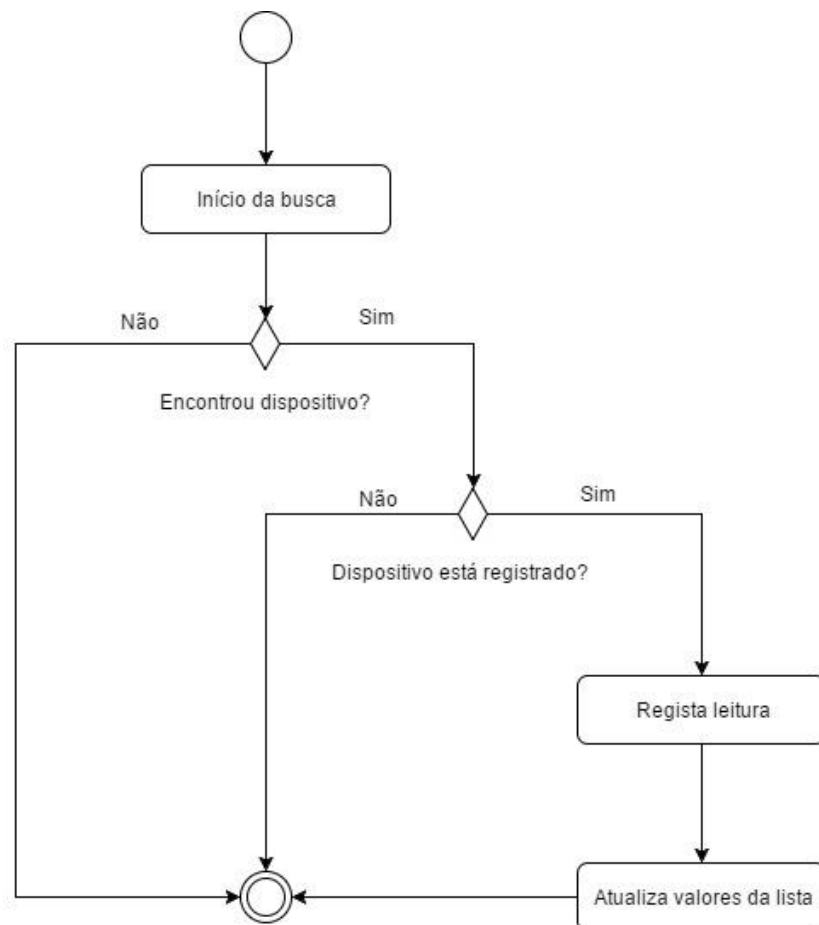


Figura 10 – Diagrama de atividade da descoberta de dispositivos

[Autor]

Ao mesmo tempo que novos reconhecimentos são feitos, as respostas já obtidas por outros aparelhos são tratadas e então enviadas ao servidor para que sejam armazenadas no banco de dados através de uma requisição HTTP realizada ao servidor.

A requisição feita pela aplicação é realizada através do uso de uma biblioteca Android chamada Volley³. Essa biblioteca foi introduzida ao Android na versão 2.2, podendo ser utilizada a partir da API 8. O Volley tem como objetivo facilitar o uso e manipulação dos recursos de rede de um dispositivo Android, também auxiliando em fatores como velocidade e trazendo outros benefícios como o agendamento automático de requisições, por exemplo.

Com o uso dos recursos do próprio Java, foram construídos objetos JSON com os dados previamente lidos (identificação de dispositivos e a intensidade de seus sinais), que posteriormente são utilizados pela própria aplicação para montar as requisições feitas ao servidor pelo Volley.

A aplicação também conta com funcionalidades que auxiliam o usuário a configurar o ambiente. Funcionalidades como alertar a necessidade da ativação do Bluetooth do aparelho e alertar também da necessidade de parear previamente com os dispositivos que o usuário deseja que sejam utilizados como filtro. É também possível monitorar se o servidor está sendo alcançado pela aplicação a fim de alertar o usuário de que seus dados não estão sendo gravados.

³ <https://developer.android.com/training/volley/index.html>

5.4.2. Codificação do *Web Service*

O sistema projetado para a construção da solução proposta nesse trabalho, como já dito, além de contar com uma aplicação móvel também conta com um *web service*.

O *web service*, foi construído sobre um interpretador de código JavaScript chamado Node.js⁴ e é responsável por receber e tratar as requisições feitas pela aplicação móvel. Um de seus papéis mais importantes é o de realizar a validação e o armazenamento dos dados enviados pelo *smartphone* de uma maneira eficiente.

⁴ <https://nodejs.org>

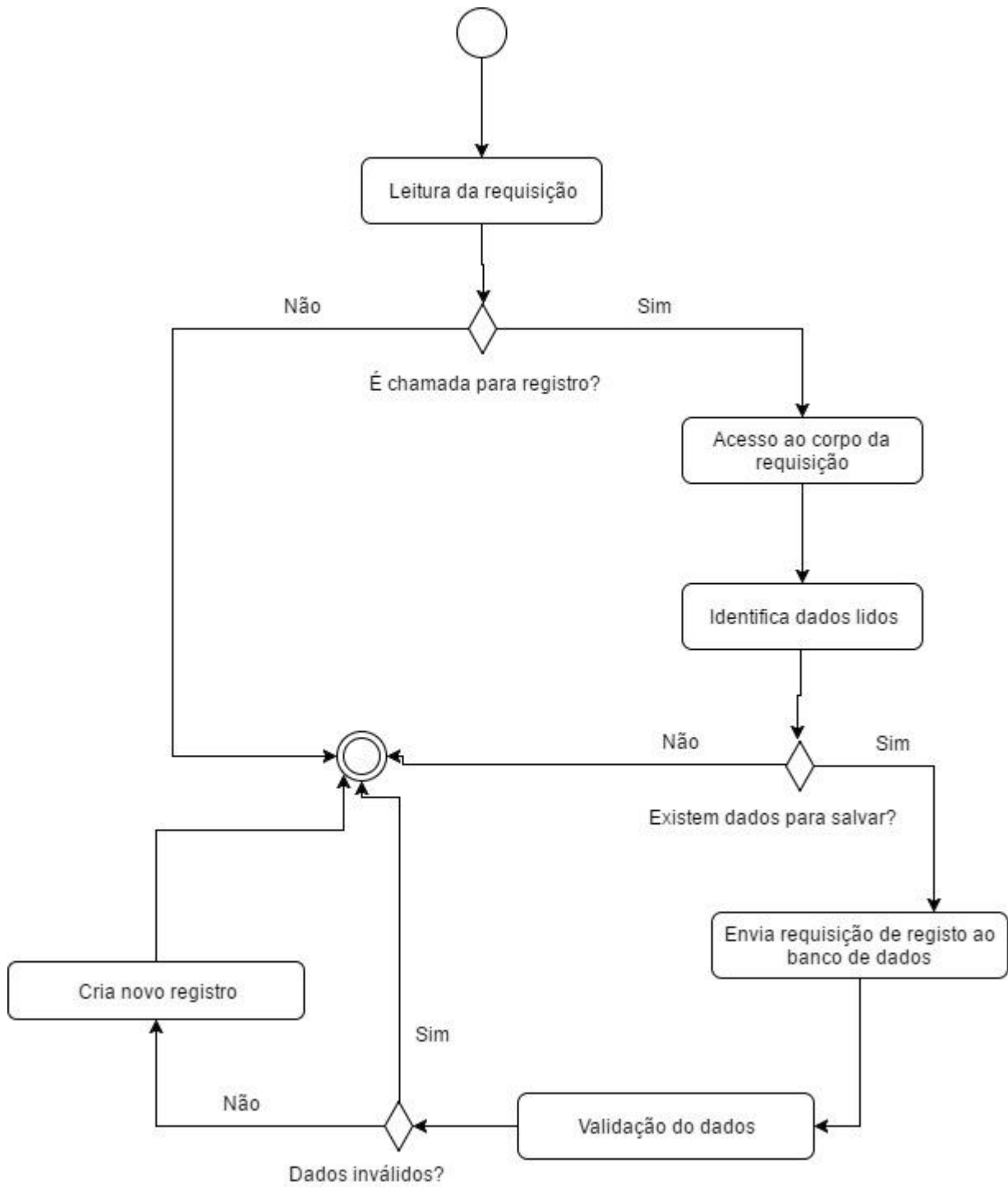


Figura 11 – Diagrama de atividade do registo de leituras no servidor

[Autor]

Como está constantemente recebendo e tratando requisições, o *web service* faz o uso de um *framework web* chamado Express⁵. O Express é responsável por fornecer recursos essenciais web e por auxiliar com os procedimentos a serem feitos com cada chamada. Este *framework*, criado para trabalhar junto ao Node.js, facilita a leitura e interpretação das requisições recebidas, funcionando como uma camada intermediária entre a aplicação mobile e as demais camadas do servidor.

Por estar lidando com um grande número de requisições, um grande fluxo de dados também existirá e é justamente por este fator que foi optado pelo uso de um banco de dados não relacional para atuar na camada de armazenamento de dados. O banco de dados escolhido foi o MongoDB⁶ tendo em vista que, além dos motivos já citados, o mesmo possui muitas extensões que facilitam a integração da plataforma com as demais camadas da aplicação que roda no servidor.

No *web service* criado também é utilizado uma ferramenta chamada Mongoose⁷. Essa ferramenta é responsável por auxiliar com os procedimentos e atividades executados no MongoDB. Como por exemplo, ela torna processos como a modelagem de objetos, a validação de dados e formulários e a realização de consultas muito simples de serem feitos. Importante lembrar que a ferramenta também é capaz de gerenciar e abstrair as conexões feitas com o banco.

Em um primeiro momento, a aplicação criada atuava em um servidor local, porém, com a necessidade de tornar dispositivos externos à rede local aptos a trocarem informações com a aplicação, a mesma passou a ser hospedada em uma plataforma

⁵ <http://expressjs.com/>

⁶ <https://www.mongodb.com/>

⁷ <http://mongoosejs.com/>

chamada Heroku⁸. Heroku é uma *PaaS* que permite a implantação de aplicações *web* na nuvem de uma forma bastante fácil e prática, suportando aplicações escritas em diversas linguagens e com as mais diferentes tecnologias integradas.

⁸ <https://www.heroku.com/>

6. Resultados Experimentais

Os resultados obtidos através da execução dos testes foram satisfatórios quanto aos objetivos determinados no início desta pesquisa. A partir do sistema e dos cenários propostos, dados sobre a localização e identidade de usuários puderam ser coletados e armazenados conforme o esperado, sendo possível estimar onde determinado usuário se encontra e por onde ele esteve.

Para que a avaliação da proposta se desse por completa, a abordagem foi testada em diferentes situações para que fosse feita a coleta de informações sob diferentes circunstâncias, tornando possível uma melhor análise e comparação. A próxima seção trata de caracterizar e demonstrar os cenários e ambientes propostos.

6.1. Execução dos Testes

Para realizar os testes foram propostos diferentes cenários, sendo que alguns deles puderam ser testados dentro do apartamento do próprio autor, com o objetivo de avaliar o modelo proposto em diferentes situações e circunstâncias, como será visto a seguir.

Para os cenários que demonstram a abordagem em funcionamento, os componentes do conjunto foram devidamente posicionados em cada cômodo, funcionando nas configurações de fábrica e com o seu modo de descoberta ativados.

Referindo-se ao monitoramento e funcionamento da aplicação, o posicionamento dos dispositivos no ambiente e o número de usuários poderia variar de acordo com o cenário a ser testado.

Durante os testes foram analisadas as diferentes medidas de força de sinal entre os dispositivos, relacionando as leituras com o posicionamento do indivíduo na hora da leitura.

Também foi acompanhado durante os testes, o comportamento do *web service* e da gravação de dados, assim como as situações onde o sistema não se comportava da maneira esperada por razões como a falta de conexão com a internet sem fio ou por não conseguir alcançar o *web service* ao tentar registrar uma leitura.

6.2. Ambientes Experimentais

Nesta seção serão apresentados os cenários e ambientes propostos utilizados posteriormente para a avaliação da abordagem apresentada neste trabalho. Características específicas dos cenários e suas possíveis influências no funcionamento do modelo também serão detalhadas. Importante lembrar que além de cenários que possuem a abordagem desta proposta aplicada em seu contexto, também serão apresentados cenários os quais não possuem forma alguma de monitoramento assim como cenários onde os métodos de monitoramento não são aconselháveis devido a motivos apresentados anteriormente neste trabalho.

6.2.1. Ambiente Não Monitorado

É o cenário mais comum nos dias de hoje. Nesta categoria se encaixam todos aqueles domicílios e estabelecimentos que não contam com nenhuma forma de monitoramento sobre o ambiente.

Ambientes não monitorados foram considerados na avaliação da proposta visto que desta maneira é possível identificar as influências trazidas a partir da aplicação da abordagem proposta.

Por não existir nenhuma forma de monitoramento nos ambientes que participam deste cenário, os mesmos atingem um nível de privacidade elevado em relação aos demais tipos de cenário. Porém, tendo em vista como ambientes inteligentes funcionam, o fato deste cenário possuir elevados níveis de privacidade faz com que o mesmo não possa usufruir dos benefícios trazidos pela tecnologia.

6.2.2. Ambiente Monitorado

Foram considerados ambientes monitorados aqueles ambientes que possuem a abordagem proposta nesse projeto aplicada em seu contexto. O cenário é semelhante ao apresentado na seção anterior sendo que a única mudança é a aplicação do modelo.

O cenário apresentado nesta seção é tido como o ideal para o funcionamento da aplicação e o mesmo foi replicado na casa do autor para que pudessem ser realizados testes. Uma representação gráfica deste cenário pode ser vista na figura a seguir.

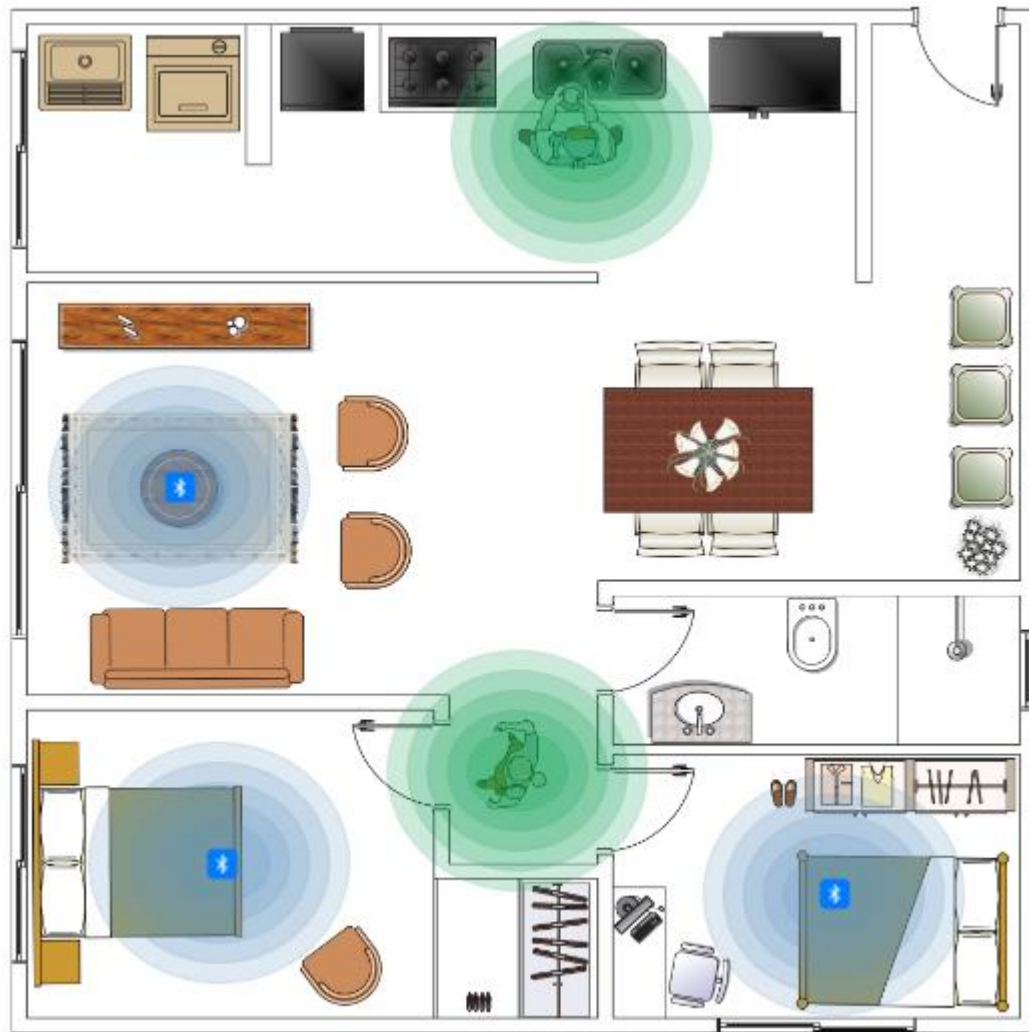


Figura 12 – Representação do cenário ideal.

[Autor]

O ambiente de testes foi montado com os equipamentos apresentados anteriormente na seção 5.3, contando com uma conexão Wi-Fi estável e com apenas um usuário sendo monitorado. Além dessas características, é importante ressaltar que os dispositivos estavam com suas baterias devidamente carregadas e que os mesmos se foram postos em locais onde a interferência dos seus sinais fosse mínima.

Para executar os testes neste ambiente os dispositivos foram distribuídos pelo ambiente, cada um representando um cômodo diferente, o aparelho celular foi conectado à rede sem fio e foi checado se o servidor estava em funcionamento.

Com a preparação do ambiente concluída, foram então executados os testes. A aplicação mobile em funcionamento pode ser vista na figura a seguir. No momento em que a aplicação foi executada, o usuário se encontrava no mesmo cômodo que o dispositivo Anker, então foi percebido que quanto menor o nível do sinal correspondente a um aparelho, mais próximo do mesmo o usuário se encontrava.

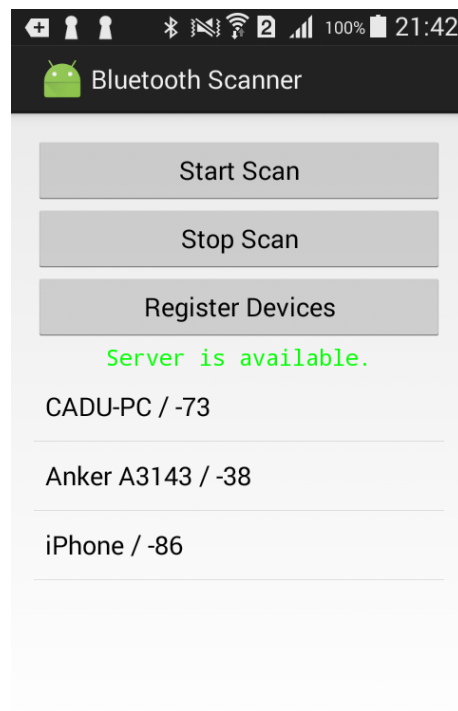


Figura 13 – Aplicação em execução.

[Autor]

Com a aplicação em execução, o usuário pode começar a transitar pelos cômodos e o mesmo passou a ser monitorado por um curto espaço de tempo, tendo os

dados referentes à sua localização registrados pelo servidor, como pode ser visto na imagem a seguir.

```

{"_id":"58db062bdb0912000460ca1c","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:11.421Z"},
{"_id":"58db062cdb0912000460ca1e","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-52,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:12.071Z"},
{"_id":"58db062cdb0912000460ca1d","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-75,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:12.071Z"},
{"_id":"58db062cdb0912000460ca1f","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:12.072Z"},
{"_id":"58db0638db0912000460ca20","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-67,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:24.247Z"},
{"_id":"58db0638db0912000460ca21","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-51,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:24.247Z"},
{"_id":"58db0638db0912000460ca22","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-79,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:24.247Z"},
{"_id":"58db0643db0912000460ca23","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-67,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:35.253Z"},
{"_id":"58db0643db0912000460ca24","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-51,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:35.254Z"},
{"_id":"58db0643db0912000460ca25","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-79,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:35.254Z"},
{"_id":"58db0646db0912000460ca26","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-70,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:38.885Z"},
{"_id":"58db0646db0912000460ca27","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-52,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:38.886Z"},
{"_id":"58db0646db0912000460ca28","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-78,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:56:38.886Z"}

{"_id":"58db06c7db0912000460ca3a","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-93,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:58:47.645Z"},
{"_id":"58db06f9db0912000460ca3b","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-53,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:37.194Z"},
{"_id":"58db06f9db0912000460ca3c","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-88,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:37.194Z"},
{"_id":"58db06f9db0912000460ca3d","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-91,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:37.194Z"},
{"_id":"58db0700db0912000460ca3e","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-53,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:44.923Z"},
{"_id":"58db0700db0912000460ca3f","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-88,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:44.923Z"},
{"_id":"58db0700db0912000460ca40","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-91,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:44.923Z"},
{"_id":"58db0703db0912000460ca41","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-53,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:47.515Z"},
{"_id":"58db0703db0912000460ca42","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-88,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:47.515Z"},
{"_id":"58db0703db0912000460ca43","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-91,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:47.516Z"},
{"_id":"58db0703db0912000460ca45","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-77,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:57.935Z"},
{"_id":"58db0703db0912000460ca44","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-62,"_v":0,"date":"2017-03-29T00:59:57.935Z"}

{"_id":"58db07fbd0912000460ca76","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-34,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:03:55.754Z"},
{"_id":"58db0802db0912000460ca77","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-76,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:02.747Z"},
{"_id":"58db0802db0912000460ca78","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:02.747Z"},
{"_id":"58db0802db0912000460ca79","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-33,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:02.747Z"},
{"_id":"58db081ddb0912000460ca7a","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:29.066Z"},
{"_id":"58db081ddb0912000460ca7b","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:29.067Z"},
{"_id":"58db081ddb0912000460ca7c","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-34,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:29.067Z"},
{"_id":"58db0821db0912000460ca7d","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:33.462Z"},
{"_id":"58db0821db0912000460ca7f","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-34,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:33.464Z"},
{"_id":"58db0821db0912000460ca7e","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:33.462Z"},
{"_id":"58db082cdb0912000460ca80","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:44.041Z"},
{"_id":"58db082cdb0912000460ca81","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"AnkerA3143","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:44.042Z"},
{"_id":"58db082cdb0912000460ca82","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-33,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:44.042Z"},
{"_id":"58db083bdb0912000460ca83","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"CADU-PC","strength":-74,"_v":0,"date":"2017-03-29T01:04:59.473Z"}

```

Figura 14 – Dados enviados pela aplicação mobile registrados no servidor.

[Autor]

É possível identificar três situações distintas na imagem acima, a partir da análise da força dos sinais de cada grupo de registros. Os registros contidos no retângulo vermelho nos mostram o momento em que o usuário se encontrava no mesmo cômodo do dispositivo Anker. A seguir, no retângulo verde, os registros nos mostram que o usuário se moveu de onde estava, distanciando-se do *speaker* e indo para o cômodo onde se encontrava o laptop. Por fim, no retângulo amarelo, pode-se

identificar que o usuário se encontra no cômodo onde o dispositivo iPhone foi posicionado.

6.2.3. Ambiente Monitorado Com Múltiplos Usuários

Outro aspecto considerado importante foi quanto ao comportamento do modelo em cenários onde mais de um usuário teria que ser monitorado ao mesmo tempo e, sendo assim, foi proposto o ambiente apresentado nesta seção. Este cenário é similar ao apresentado anteriormente, contando apenas com a adição de mais um usuário.

Para a execução dos testes neste cenário, dois usuários foram monitorados simultaneamente, seguindo o modelo de testes empregado no cenário da seção anterior e transitando pelos cômodos do apartamento um junto do outro.

No primeiro momento, ambos usuários se encontravam no cômodo do dispositivo iPhone e, como pode ser visto nas figuras a seguir, por mais que exista uma pequena diferença entre os sinais lidos pelos aparelhos, é possível identificar a posição de ambos usuários com sucesso pela análise da força de sinal obtida.

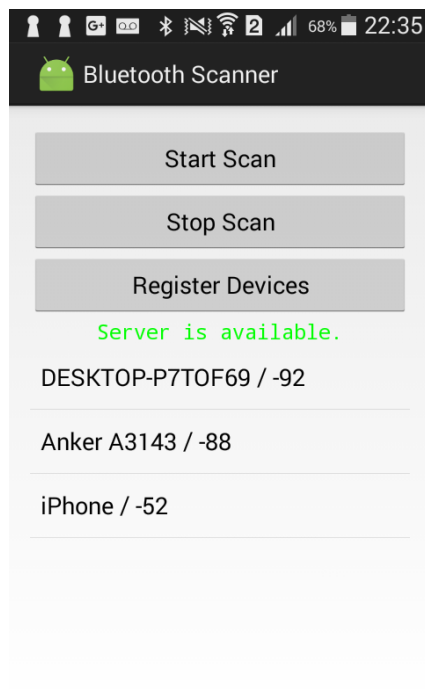


Figura 15 – Leitura obtida pelo usuário 1 no primeiro cômodo.

[Autor]

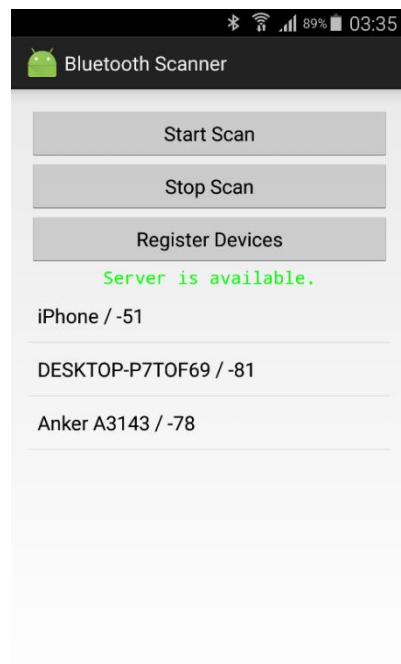


Figura 16 – Leitura obtida pelo usuário 2 no primeiro cômodo.

[Autor]

Os resultados obtidos no primeiro momento de testes se repetiram durante todo o processo de testes deste cenário, assim sendo possível afirmar que o modelo proposto suporta o monitoramento de múltiplos usuários simultaneamente.

Como pode ser visto na imagem a seguir, o servidor se comportou da maneira esperada durante todos os passos dos testes, assim como nos testes executados em outros cenários.

```

{"_id": "58fff9431fa2d229707cfff1c", "user": "1", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": -73, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:34:59.499Z"},
{"_id": "58fff9461fa2d229707cfff1d", "user": "1", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": -54, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:35:02.025Z"},
{"_id": "58fff9461fa2d229707cfff1e", "user": "1", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "DESKTOP-P7TOF69", "strength": -82, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:35:02.025Z"},
{"_id": "58fff9511fa2d229707cfff21", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": -79, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:35:13.961Z"},
{"_id": "58fff9511fa2d229707cfff20", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "DESKTOP-P7TOF69", "strength": -73, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:35:13.960Z"},
{"_id": "58fff9511fa2d229707cfff22", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": -54, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:35:13.961Z"}

{"_id": "58fff9bf1fa2d229707cfff6b", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "DESKTOP-P7TOF69", "strength": -42, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:37:03.477Z"},
{"_id": "58fff9bf1fa2d229707cfff6c", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": -82, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:37:03.478Z"},
{"_id": "58fff9bf1fa2d229707cfff6d", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": -93, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:37:03.478Z"},
{"_id": "58fff9ca1fa2d229707cfff70", "user": "1", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": -86, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:37:14.675Z"},
{"_id": "58fff9ca1fa2d229707cfff6e", "user": "1", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": -77, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:37:14.675Z"},
{"_id": "58fff9ca1fa2d229707cfff6f", "user": "1", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "DESKTOP-P7TOF69", "strength": -30, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:37:14.675Z"}

{"_id": "58fffa361fa2d229707cfff9", "user": "1", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "DESKTOP-P7TOF69", "strength": -71, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:39:02.321Z"},
{"_id": "58fffa361fa2d229707cfff8", "user": "1", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": -67, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:39:02.321Z"},
{"_id": "58fffa361fa2d229707cfffca", "user": "1", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": -51, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:39:02.321Z"},
{"_id": "58fffa4a1fa2d229707cfffdd", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "DESKTOP-P7TOF69", "strength": -68, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:39:22.705Z"},
{"_id": "58fffa4a1fa2d229707cfffde", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": -46, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:39:22.705Z"},
{"_id": "58fffa4a1fa2d229707cfffdf", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": -86, "v": 0, "date": "2017-04-26T01:39:22.705Z"}

```

Figura 17 – Registros de ambos usuários recebidos pelo servidor.

[Autor]

Na imagem acima, podem ser identificados os três passos de testes executados, cada um representado por um retângulo diferente, assim como a semelhança entre os dados enviados pelos dispositivos. O primeiro retângulo, em azul, representa o passo inicial, onde os usuários se encontravam próximos ao iPhone. Posteriormente, nos retângulos vermelho e amarelo, encontram-se os registros referentes ao trânsito dos usuários para as proximidades do laptop e do *speaker*, respectivamente.

6.2.4. Ambiente Monitorado Mal Planejado

Pensando em situações onde os dispositivos tivessem que trabalhar em condições não tão favoráveis, foi proposto um cenário onde os mesmos fossem posicionados de maneira não tão adequada buscando uma maior interferência nos seus sinais.

O cenário do ambiente proposto nesta seção é similar ao cenário considerado ideal, porém, neste caso, os dispositivos foram postos dentro de gavetas e/ou próximos a paredes a fim de atingir altos níveis de interferência e o mesmo pode ser conferido na figura a seguir.

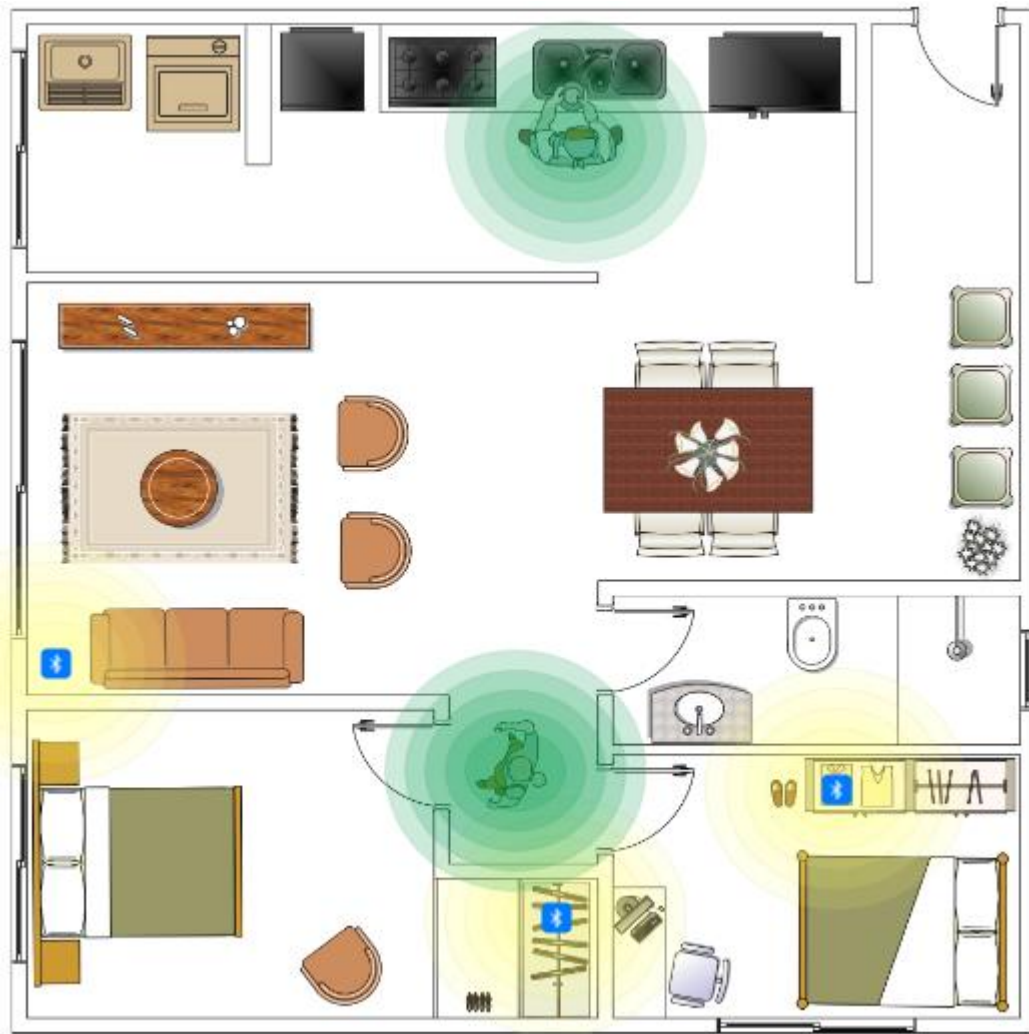


Figura 18 – Representação do cenário mal planejado.

[Autor]

Para a execução dos testes deste cenário, cada dispositivo foi posto em cômodos diferentes, como no teste anterior, porém, o *speaker* Anker foi posto dentro de um guarda-roupas, o iPhone foi posto dentro de uma gaveta e o laptop foi posicionado em um dos cantos do cômodo onde se encontrava.

No começo do monitoramento o usuário se encontrava no mesmo cômodo onde foi posicionado o iPhone, porém, devido ao mal posicionamento dos dispositivos que

culminou no aumento da interferência de seus sinais, foi percebido que os valores obtidos pela busca foram muito próximos uns aos outros, no entanto ainda era possível identificar a localização do usuário, como pode ser visto na figura a seguir.

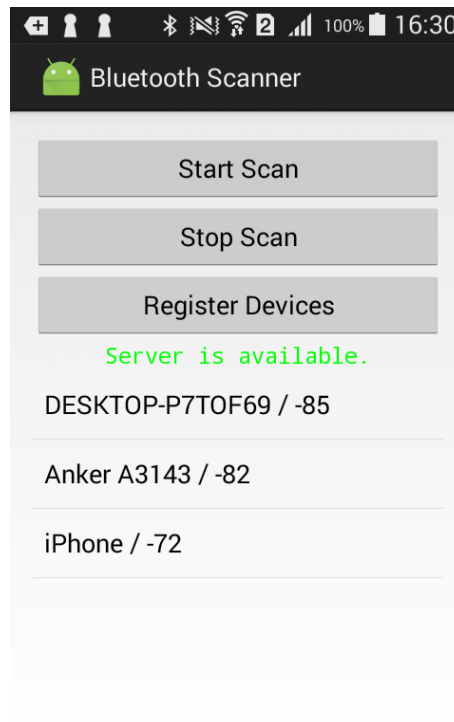


Figura 19 – Aplicação em execução, cenário mal planejado.

[Autor]

No segundo passo dos testes de monitoramento deste cenário, o usuário se moveu para o cômodo ao lado, onde foi posicionado o *speaker*, e a influência da interferência dos sinais foi ainda mais perceptível, não sendo possível identificar exatamente a localização do usuário através da análise dos sinais lidos. Na figura seguinte, pode-se observar que o sinal obtido por todos os dispositivos é bastante semelhante, dificultando a inferência. O fato deste cômodo se encontrar entre os outros

dois utilizados neste teste também influenciou para que os resultados obtidos neste passo fossem bastante semelhantes.

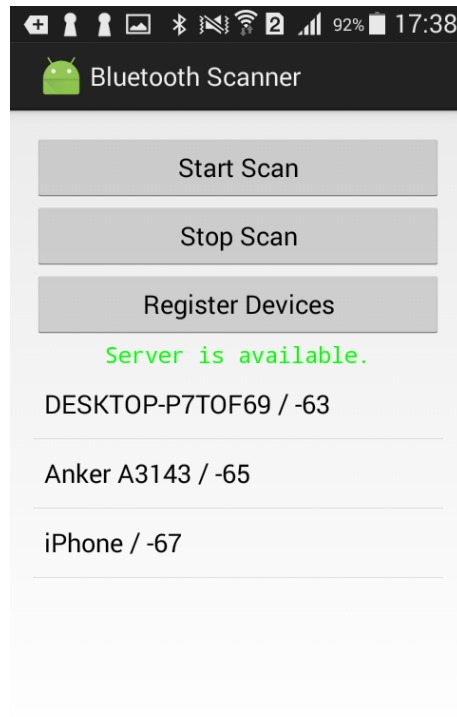


Figura 20 – Estado da aplicação onde não é possível inferir onde a localização do usuário.

[Autor]

Por fim, como último passo dos testes deste cenário, o usuário foi até o cômodo onde se encontrava o laptop. Visto que este cômodo se encontra um pouco mais distante dos outros, os dados obtidos pela leitura voltaram ao normal e a localização do usuário voltou a ser identificada, como pode ser visto na figura a seguir.

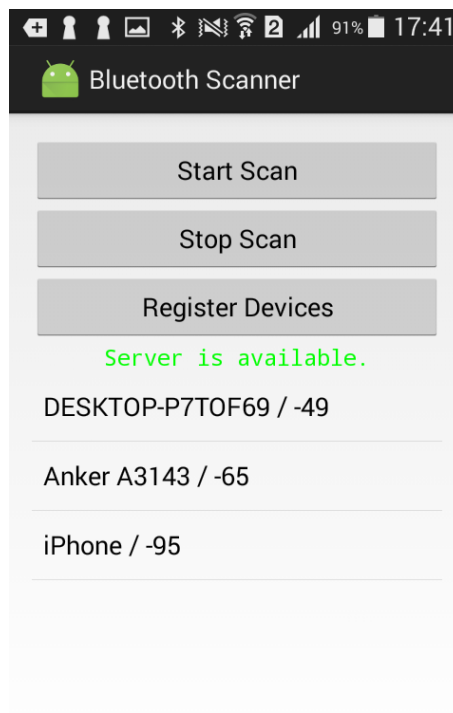


Figura 21 – Terceiro passo de testes do cenário mal planejado.

[Autor]

Os testes executados neste cenário tornaram possível identificar que o modelo sofre sim influência de acordo com o posicionamento dos dispositivos e que sob essas circunstâncias a localização pode não ser identificada.

O servidor se comportou da maneira esperada, como nos testes executados anteriormente no cenário considerado ideal.

6.2.5. Ambiente Invasivo

O cenário proposto nesta seção faz menção aos métodos contemporâneos de monitoramento usados até então na maioria dos ambientes, fazendo o uso de câmeras, por exemplo, tornando-se completamente invasivos e não preservando a privacidade do

usuário. Uma representação aproximada deste cenário pode ser conferida na figura a seguir.

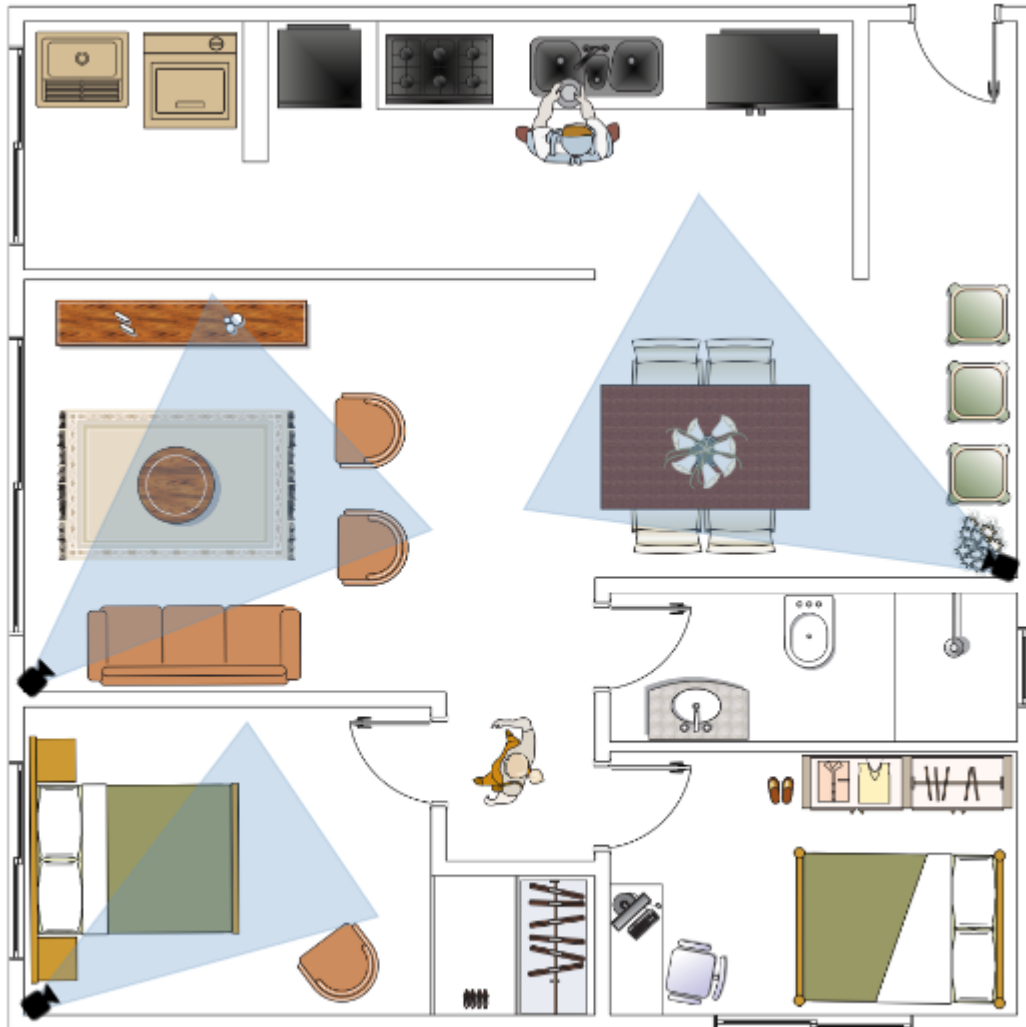


Figura 22 – Representação do cenário invasivo.

[Autor]

Este tipo de cenário pode sim ser considerado altamente eficaz em questões de monitoramento, porém é muito importante considerar fatores como a privacidade do

usuário final. O custo de um modelo de monitoramento como o desta proposta também pode atingir valores muito altos, dependendo dos objetivos a serem atingidos.

6.3. Considerações do Capítulo

É perceptível que existe uma relação entre o nível de privacidade e os benefícios que podem ser obtidos pela aplicação de tecnologias em um ambiente. É necessário sacrificar parte da privacidade, por menor que seja, para que benefícios como os propostos pela abordagem deste trabalho, por exemplo, ou de qualquer outra forma de tecnologia possam ser aproveitados.

Quanto ao custo, nos cenários os quais tiveram o modelo proposto neste trabalho aplicado, o custo se daria pela obtenção dos dispositivos e infraestrutura necessária para hospedar o servidor. Em relação ao cenário invasivo, o custo se dá por motivos semelhantes, porém atingindo um valor mais elevado.

Os níveis de aplicabilidade e de intrusão nos ambientes onde o modelo criado foi aplicado se mantiveram os mesmos, por mais que as características do ambiente em questão mudassem.

Os dispositivos utilizados para a construção do modelo foram responsáveis pela eficiência energética da abordagem, funcionando sob as características disponibilizadas pelos fabricantes. Não foram executados testes específicos para testar a eficiência energética, foi apenas observado se a execução da aplicação móvel afetaria o normal funcionamento do aparelho, o que não ocorreu.

Pode-se observar que o uso da medição da força de sinal pode ser utilizado sim para localizar um usuário, porém, existe a necessidade de verificar se o ambiente é

propício e se os dispositivos responsáveis por representar cada cômodo dentro do modelo estão dispostos de forma a não interferirem uns aos outros, como pode ser visto no cenário de testes mal planejado.

A maneira de identificação de usuários dentro do modelo é bastante eficaz e cumpre com os objetivos propostos em todos os cenários onde o modelo foi empregado. Apesar de ser eficaz, a identificação não é feita de maneira eficiente, fazendo com que exista a necessidade da criação de um meio de autenticação para cada usuário, automatizando a identificação.

7. Conclusões

Através do estudo realizado sobre o estado da arte em que os ambientes assistidos se encontram foi possível identificar as dificuldades enfrentadas pela área em diversos contextos e também como os estudos são realizados dentro dela. Foi identificado também que o *Ambient Assisted Living* foi criado a partir de uma necessidade que passou a ser percebida na sociedade, o envelhecimento da população. Sua criação visa a melhoria da qualidade de vida, saúde e busca a independência da população e, por isso, apesar de ser um conceito relativamente novo, é de grande importância. Pela união do que foi encontrado na pesquisa de embasamento teórico com o estado da arte e também com as necessidades da população foi então traçado o objetivo deste trabalho.

A leitura da literatura deixou muito claro que o conceito de ambientes assistidos tem uma grande relação com outros conceitos da computação distribuída, como por exemplo *IoT* e redes. Porém, ao passo de que esses conceitos serem bastante relacionados, cada um possui suas características particulares bem definidas.

Muitos dos trabalhos utilizados como referência citam *AAL* como uma área de estudo em ascensão e de pouca maturidade e, conforme os estudos foram feitos, tais características se confirmaram. Grande parte das pesquisas são de publicação recente. Por ser um conceito novo, a comunidade pode não ser tão grande e boas fontes de referência podem não ser tão fáceis de encontrar. Em contrapartida, as pesquisas realizadas na área utilizam conceitos e tecnologias novas, favorecendo o desenvolvimento de estudos.

Com a definição de um propósito a partir da identificação de uma necessidade, no caso deste trabalho, a identificação e localização de indivíduos em ambientes assistidos para auxiliar no monitoramento de pessoas, e com o conhecimento adquirido pelos estudos iniciais, um modelo funcional foi projetado, desenvolvido e testado.

A aplicação móvel se comportou como o esperado. Constantemente registrava os passos do usuário e enviava os dados lidos ao servidor, que se encarregava de persistir os mesmos no banco de dados.

Durante os testes pode ser percebido que o fato de o servidor no qual a aplicação web estava rodando não se encontrar no Brasil, alguns registros salvos no banco possuíam inconsistências quanto ao dado que representa a data e hora em que o registro foi salvo. Isso se dá devido à latência de requisição e resposta. Essa inconsistência poderia ser contornada aumentando o tempo entre as buscas de dispositivos realizada pela aplicação. Porém ao diminuir a frequência com que as leituras fossem feitas, a qualidade das informações como um todo seria sacrificada.

Testes feitos utilizando o servidor hospedado na Nuvem apresentaram também situações onde a aplicação móvel não conseguia atingir o servidor, não sendo possível registrar os dados lidos durante algumas tentativas, porém, o mesmo não aconteceu quando utilizando o servidor hospedado localmente.

O fato de ter sido utilizado diferentes dispositivos com diferentes versões de Bluetooth também deve ser considerado ao levar em conta a força de sinal obtida pelo aparelho celular carregado junto ao usuário. Por mais que os objetivos da pesquisa tenham sido alcançados, seria ideal utilizar dispositivos iguais para que assim haja uma melhor padronização nas forças de sinal registradas.

Os testes também mostraram que, dependendo da configuração do domicílio em questões de tamanho dos cômodos e posicionamento dos dispositivos responsáveis por auxiliar o modelo a realizar a leitura da localização, os dados obtidos pelo modelo não eram consistentes quanto à localização de um indivíduo. Em pontos específicos, dentro destas circunstâncias, não foi possível determinar a localização do mesmo de forma precisa, tornando perceptível a influência do posicionamento dos aparelhos para o bom funcionamento do modelo.

Pode-se perceber com os resultados obtidos durante os testes que o Bluetooth é capaz de integrar um sistema de identificação e localização de usuários em um domicílio e que os resultados foram bem-sucedidos.

7.1. Trabalhos Futuros

Após a implementação da abordagem, foram identificados aspectos os quais podem ser explorados e tidos como base para trabalhos futuros ou até mesmo para a extensão do modelo aqui apresentado, sendo eles:

- Adaptação do modelo proposto para que o mesmo funcione com dispositivos *BLE*. Essa adaptação consiste na alteração do código da aplicação mobile para fazer com que a aplicação utilize o adaptador Bluetooth presente no Android específico para a identificação de dispositivos passíveis de *BLE*. Também seria necessário fazer a troca dos dispositivos dispostos pelo ambiente. Com a implementação, seria também interessante a comparação dos resultados obtidos;

- Implementação de um serviço de autenticação responsável por fazer a conexão entre *web service* e *smartphone* de uma maneira segura, auxiliando na identificação de usuários e na proteção dos dados transmitidos;
- Implementação e ajustes na maneira de como a aplicação faz a busca por dispositivos no ambiente com o objetivo de aumentar o desempenho e confiabilidade do modelo. Outro possível ajuste seria tornar a validação dos dados por parte do servidor mais sofisticada;
- Visto que as conexões de internet sem fio, na maioria das vezes, acontecem na mesma frequência de rádio onde os sinais Bluetooth são emitidos (2.4Ghz), seria interessante realizar testes de desempenho quando a conexão do *smartphone* à rede sem fio trabalhe em uma frequência diferente da dos dispositivos Bluetooth.

Referências

LOUREIRO, A. A. F., NOGUEIRA, J. M. S., RUIZ, L. B., MINI, R. A. F., NAKAMURA, E. F., FIGUEIREDO, C. M. S. “**Redes de Sensores Sem Fio**”. [Online].: < <http://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbr03.pdf> >. Acesso em: 17 novembro 2016.

NAKAGAWA, E. Y., ANTONINO, P. O., BECKER, M., MALDONADO, J. C., STORF, H., VILLELA, K. B., & ROMBACH, D. (2012). **Relevance and perspectives of AAL in Brazil**. *Journal of Systems and Software*, 86(4), 985-996.

BROEK, G. V. D., CAVALLO, F., WEHRMANN, C., 2010. **AALIANCE Ambient Assisted Living Roadmap**. IOS Press, Amsterdam, Netherlands.

PIEPER, M., ANTONA, M., CORTÉS, U., 2011. **Ambient assisted living**. *Ercim News* (October (87)), p. 18–19.

AARTS, E., HARWIG, E., SCHUURMANS, M., 2001. **The Invisible Future, Chapter Ambient Intelligence**. McGraw-Hill, New York, p. 235–250.

STEPHANIDIS, C., 2011. **Ambient assisted living and ambient intelligence: improving the quality of life for European citizens**. *Ercim News* (October (87)), p. 1–2.

TANENBAUM, A. S., “**Redes de Computadores**”. Trad. 4 ed., Campus, Rio de Janeiro, 2003. p. 948.

CAMPBELL, A. T., CONTI, M., GIORDANO, S., (2003) “**Mobile Ad hoc Network**”, Kluwer Academic Publishers. Manufactured in the Netherlands. *Mobile Network and Application*, p. 483-484, 2003.

SANTINI, P., (2005) “**The Topology Control in Wireless Ad Hoc and Sensor Network**”, Instituto de Informatica e Telemática del CNR, Italy, John Wiley & Sons Ltd, Copyright 2005.

WU, J., STOJMENOVIC, I., (2004) “**Ad-Hoc Networks**”; published by the IEEE Computer Society, 2004.

CARLE, J., SIMPLOT-RYL, D., (2004) “**Energy-Efficient Area Monitoring for Sensor Networks**”; IEEE Computer Society.

STANKOVIC, J. A., ABDELZAHER, T. F., LU, C., SHA, L., HOU, J. C., (2003), “**Real-Time Communication and Coordination in Embedded Sensor Networks**”; In: proceedings of the IEEE, vol. 91, No. 7.

HAC, A., **Wireless Sensor Networks Design**, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, USA; John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester, West Sussex PO19 8SQ, England, 2003.

NAZÁRIO, D. C., TROMEL, I. V. B., DANTAS, M. A. R., TODESCO, J. L., (2014, Junho). **Toward assessing Quality of Context parameters in a ubiquitous assisted environment. In Computers and Communication (ISCC), 2014 IEEE Symposium on** (pp. 1-6). IEEE.

GUO-CHENG, L., HONG-YANG, Y.; (2013) “**Design and Implementation of a Bluetooth 4.0-based Heart Rate Monitor System on iOS Platform**”; In: Communications, Circuits and Systems (ICCCAS), 2013 International Conference, vol. 2, p. 112 – 115.

HUANG, J., ALBAZRQAOE, W., XING, G., (2014) “**BlueID: A Practical System for Bluetooth Device Identification**”. In: INFOCOM, 2014 Proceeding IEEE, p. 2849 – 2857.

ZIAD, O. A., (2012) “**Handbook of Research on Biomedical Engineering Education and Advanced Bioengineering Learning: Interdisciplinary Concepts**”, Chapter 9, p. 357, 2012.

PANTELOPOULOS, A., BOURBAKIS, N. G., A survey on wearable sensor-based systems for health monitoring and prognosis. “**Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews**”, **IEEE Transactions on**, v. 40, n. 1, p. 1-12, 2010.

Ambient Intelligence: Concepts and Applications Juan Carlos Augusto and Paul McCullagh, 2007.

COPETTI, A., LOQUES, O., LEITE, J. C. B., BARBOSA, T. P. C., NOBREGA, A. C. L., 2009. ***Intelli-gent context-aware monitoring of hypertensive patients: PervaSense’2009***, London, United Kingdom, p. 1–6.

RODRIGUES, G. N., ALVES, V., SILVEIRA, R., LARANJEIRA, L. A., 2012. ***Dependability analysis***

in the ambient assisted living domain: an exploratory case study. Journal of Systems and Software 85 (January), 112–131.

IBGE, 2008. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: Relatório Técnico 24 - 1980–2050.**, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

KNOTT, D., MUERS, S., ALDRIDGE, S., 2008. ***Achieving culture change: a policy frame-***

work. Technical report, Strategy Government, London, UK. [Online], 2008. :< https://crawford.anu.edu.au/sparc/pdf/2010/achieving_culture_change.pdf > Acesso em: 17 novembro 2016.

TESORIERO, R., TEBAR, R., GALLUD, J. A., PENICHER, V. M. R., (2009). **“Improving location awareness in indoor spaces using RFID technology”** [Online].:

< <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095741740900503X> > Acesso em: 17 novembro 2016.

RUIZ, A. R. J., GRANJA, F. S., HONORATO, J. C. P., ROSAS, J. I. G., **“Accurate Pedestrian Indoor Navigation by Tightly Coupling Foot-Mounted IMU and RFID Measurements”**

< <http://www.car.upm-csic.es/lopsi/static/publicaciones/Libro/EvAALAntonio2013.pdf>>

Acesso em: 17 novembro 2016.

DIAZ, J. J. M., MAUES, R. A., SOARES, R. B., NAKAMURA, E. F., FIGUEIREDO, C. M. S., 2010. **Bluepass: An indoor bluetooth-based localization system for mobile applications.** In: *Computers and Communications (ISCC) 2010 IEEE Symposium on*, pp. 778-783, June 2010.

CHEN, L., KUUSNIEMI, H., PEI, L., CHEN, Y., KRÖGER T., CHEN, R., 2011. **Information Filter with Speed Detection for Indoor Bluetooth Positioning.** In: *IEEE Xplore proceedings of ICL-GNSS*, June 2011, pp. 29-30.

NEBURKA, J., TLAMSA, Z., BENES, V., POLAK, L., KALLER, O., BOLECEK, L., SEBESTA, J., KRATOCHVIL. T., 2016. **Study of the Performance of RSSI based Bluetooth Smart Indoor Positioning.** In: 26th Conference Radioelektronika 2016, April 19-20, Kosice, Slovak Republic.

WAGNER, B., RITT, T., TIMMERMANN, D. **Multiple user recognition with passive RFID tomography.** In: 2014 11th Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC), March 12-13, Dresden, Germany. Disponível em: < <http://ieeexplore.ieee.org/document/6843289/>>. Acesso em: 23 março 2017.

WANG, L., GU, T., TAO, X., LU, J. **Toward a Wearable RFID System for Real-Time Activity Recognition Using Radio Patterns.** In: IEEE Transactions on Mobile Computing, Volume 16, pp. 228 – 242, 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7425219/>>. Acesso em: 23 março 2017.

RASHIDI, P., MIHAILIDIS, A. **A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults.** In: IEEE Journal of Biomedical and Health Informatic, Volume 17, pp. 579 – 590, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6399501/>>. Acesso em: 22 de maio de 2017.

TANIKAWA, T. C. V. **Reconhecimento e Localização de Indivíduos com Utilização de Sensores no Suporte aos Ambientes Assistidos.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

Apêndice A – Código Fonte da Aplicação Mobile

O código de toda a aplicação também pode ser encontrado no seguinte endereço: <https://github.com/cadurebelato/bluetoothscanner>.

Build.gradle do módulo app

```
apply plugin: 'com.android.application'

android {
    compileSdkVersion 19
    buildToolsVersion "25.0.2"
    defaultConfig {
        applicationId "com.example.cadupc.bluetoothscanner"
        minSdkVersion 19
        targetSdkVersion 25
        versionCode 1
        versionName "1.0"
        testInstrumentationRunner "android.support.test.runner.AndroidJUnitRunner"
    }
    buildTypes {
        release {
            minifyEnabled false
            proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android.txt'), 'proguard-rules.pro'
        }
    }
}

dependencies {
    compile fileTree(include: ['*.jar'], dir: 'libs')
    androidTestCompile('com.android.support.test.espresso:espresso-core:2.2.2', {
        exclude group: 'com.android.support', module: 'support-annotations'
    })
    testCompile 'junit:junit:4.12'
    compile 'com.android.volley:volley:1.0.0'
    provided 'org.projectlombok:lombok:1.16.14'
}
```

Manifest do módulo app

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="com.example.cadupc.bluetoothscanner">

    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH"/>
    <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_FINE_LOCATION"/>
    <uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN"/>
    <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET"/>
    <uses-feature android:name="android.hardware.bluetooth_le"
android:required="true"/>

    <application
```



```

        android:allowBackup="true"
        android:icon="@mipmap/ic_launcher"
        android:label="@string/app_name"
        android:supportsRtl="true"
        android:theme="@style/AppTheme">
        <activity android:name=".project.activity.MainActivity">
            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />

                <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
            </intent-filter>
        </activity>
    </application>
</manifest>

```

Especificações de UI

```

<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools"
    android:id="@+id/activity_main"
    android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent"
    android:paddingBottom="@dimen/activity_vertical_margin"
    android:paddingLeft="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingRight="@dimen/activity_horizontal_margin"
    android:paddingTop="@dimen/activity_vertical_margin"
    tools:context="com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.MainActivity">

    <LinearLayout
        android:orientation="vertical"
        android:layout_width="match_parent"
        android:layout_height="match_parent"
        android:layout_alignParentTop="true"
        android:layout_alignParentStart="true">

        <Button
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:id="@+id/start_button"
            android:text="@string/start_scan"
            android:onClick="startScan"
            android:layout_alignParentTop="true"
            android:layout_centerHorizontal="true" />

        <Button
            android:text="@string/stop_scan"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:id="@+id/button2"
            android:onClick="stopScan"
            android:layout_below="@+id/button"
            android:layout_alignEnd="@+id/button"
            android:layout_alignStart="@+id/button" />

        <Button
            android:text="@string/register_devices"
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"

```

```

        android:id="@+id/button3"
        android:onClick="registerDevices"
        android:layout_below="@+id/button"
        android:layout_alignEnd="@+id/button"
        android:layout_alignStart="@+id/button" />

        <TextView
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="wrap_content"
            android:id="@+id/server_status"
            android:layout_alignParentTop="true"
            android:layout_alignParentStart="true"
            android:textSize="16sp"
            android:textAlignment="center"
            android:typeface="monospace"
            android:singleLine="false"
            android:gravity="bottom"
            android:text="@string/server_status_message"
            android:textColor="@android:color/holo_orange_light" />

        <ListView
            android:layout_width="match_parent"
            android:layout_height="296dp"
            android:id="@+id/paired_list_view" />

    </LinearLayout>
</RelativeLayout>

```

String resources

```

<resources>
    <string name="app_name">Bluetooth Scanner</string>
    <string name="show_paired">Paired Devices</string>
    <string name="start_scan">Start Scan</string>
    <string name="stop_scan">Stop Scan</string>
    <string name="register_devices">Register Devices</string>
    <string name="server_status_message">Pending server verification.</string>
</resources>

```

Módulo app

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task;

import android.os.AsyncTask;
import android.util.Log;

import com.android.volley.Request;
import com.android.volley.Response;
import com.android.volley.VolleyError;
import com.android.volley.toolbox.JsonObjectRequest;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters.FingerprintRegistrationParamete
ters;

import org.json.JSONObject;

import lombok.AllArgsConstructor;

```

```

import lombok.Getter;
import lombok.NoArgsConstructor;
import lombok.Setter;

@Getter
@Setter
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class FootprintRegistrationTask extends
AsyncTask<FootprintRegistrationParameters, Void, Void> {

    private FootprintRegistrationParameters footprintRegistrationParameters;
    private String postAction = "registerFootprint";

    public FootprintRegistrationTask(FootprintRegistrationParameters
footprintRegistrationParameters){
        this.footprintRegistrationParameters = footprintRegistrationParameters;
    }

    @Override
    protected Void doInBackground(FootprintRegistrationParameters...
footprintRegistrationParameterses) {
        JsonObjectRequest jsonObjectRequest = new JsonObjectRequest(
            Request.Method.POST,
            this.footprintRegistrationParameters.getServerAddress()+this.postAction,
            this.footprintRegistrationParameters.getParameters(),
            new Response.Listener<JSONObject>() {
                @Override
                public void onResponse(JSONObject response) {
                    Log.d("Response", response.toString());
                }
            },
            new Response.ErrorListener() {
                @Override
                public void onErrorResponse(VolleyError error) {
                    Log.d("Response error", error.toString());
                }
            }
        );
        this.footprintRegistrationParameters.getRequestQueue().add(jsonObjectRequest);
        return null;
    }
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity;

import android.app.Activity;
import android.bluetooth.BluetoothAdapter;
import android.bluetooth.BluetoothDevice;
import android.content.BroadcastReceiver;
import android.content.Context;
import android.content.Intent;
import android.content.IntentFilter;
import android.graphics.Color;
import android.os.Bundle;
import android.os.Handler;
import android.util.Log;
import android.util.SparseArray;
import android.view.View;
import android.widget.AdapterView;
import android.widget.AdapterView.OnItemClickListener;
import android.widget.AdapterView.OnItemSelectedListener;
import android.widget.ListView;

```

```

import android.widget.TextView;
import android.widget.Toast;

import com.android.volley.RequestQueue;
import com.android.volley.toolbox.Volley;
import com.example.cadupc.bluetoothscanner.R;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.interfaces.AvailabilityListener;
import com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.interfaces.DeviceScanner;
import com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.helper.FootprintRegistrationHelper;
import com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.monitor.AvailabilityMonitor;
import com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.monitor.DevicesMonitor;
import com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.FootprintRegistrationTask;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters.AvailabilityTaskParameters;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters.DevicesTaskParameters;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters.FootprintRegistrationParameters;

import java.util.ArrayList;
import java.util.HashMap;
import java.util.Set;

import lombok.Getter;
import lombok.Setter;

@Getter
@Setter
public class MainActivity extends Activity implements AvailabilityListener,
DeviceScanner {

    private final int ENABLE_BLUETOOTH_REQUEST_ID = 1; //Colocar em properties.
    private BluetoothAdapter bluetoothAdapter = BluetoothAdapter.getDefaultAdapter();
    private Handler handler = new Handler();
    private HashMap<BluetoothDevice, String> deviceMap = new HashMap();
    private RequestQueue requestQueue;
    //private final String WEB_SERVICE_URL =
"https://btscannerwebservice.herokuapp.com/"; //Colocar em properties.
    private final String WEB_SERVICE_URL = "http://192.168.1.102:8080/";
    private SparseArray<View> componentHash = new SparseArray<View>();
    private Boolean isServerAvailable = Boolean.FALSE;
    private DevicesMonitor devicesMonitor;
    private FootprintRegistrationParameters footprintRegistrationParameters;

    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
        super.onCreate(savedInstanceState);
        setContentView(R.layout.activity_main);
        this.setUpComponents();
        this.setUpReceiver();
        this.requestQueue = Volley.newRequestQueue(this);
        this.checkBluetoothAdapter();
        this.checkServerAvailability();
        this.setUpDevicesMonitor();
        this.setUpRegistrationParameters();
    }

    private void setUpDevicesMonitor(){
        DevicesTaskParameters devicesTaskParameters = new DevicesTaskParameters();
        devicesTaskParameters.setHandler(this.getHandler());
        devicesTaskParameters.setDeviceScanner(this);
    }

```

```

        DevicesMonitor devicesMonitor = new DevicesMonitor(devicesTaskParameters,
false, false);
        this.devicesMonitor = devicesMonitor;
    }

    private void checkServerAvailability() {
        AvailabilityMonitor availabilityMonitor = new
AvailabilityMonitor(this.getAvailabilityTaskParameters());
        availabilityMonitor.run();
    }

    private AvailabilityTaskParameters getAvailabilityTaskParameters(){
        AvailabilityTaskParameters availabilityTaskParameters = new
AvailabilityTaskParameters();
        availabilityTaskParameters.setListener(this);
        availabilityTaskParameters.setHandler(this.getHandler());
        availabilityTaskParameters.setRequestQueue(this.getRequestQueue());
        availabilityTaskParameters.setServerAddress(WEB_SERVICE_URL);
        return availabilityTaskParameters;
    }

    private void setUpReceiver(){
        BroadcastReceiver receiver = new BroadcastReceiver() {
            @Override
            public void onReceive(Context context, Intent intent) {
                String action = intent.getAction();
                if(action.equals(BluetoothDevice.ACTION_FOUND)){
                    String mDeviceName =
intent.getStringExtra(BluetoothDevice.EXTRA_NAME);
                    BluetoothDevice foundDevice =
MainActivity.this.getBluetoothDeviceByName(mDeviceName);
                    if(MainActivity.this.deviceMap.keySet().contains(foundDevice)){
                        int RSSI =
intent.getShortExtra(BluetoothDevice.EXTRA_RSSI, Short.MIN_VALUE);
                        MainActivity.this.deviceMap.put(foundDevice,
Integer.toString(RSSI));
                        MainActivity.this.updateList();
                    }
                }else if(action.equals(BluetoothAdapter.ACTION_DISCOVERY_STARTED)){
                    Log.d("Discovery", "Started");
                }else if(action.equals(BluetoothAdapter.ACTION_DISCOVERY_FINISHED)){
                    MainActivity.this.registerFootprint();
                    Log.d("Discovery", "Stopped");
                }
            }
        };
        this.registerReceiver(receiver, this.createIntentFilter());
    }

    private IntentFilter createIntentFilter(){
        IntentFilter intentFilter = new IntentFilter();
        intentFilter.addAction(BluetoothDevice.ACTION_FOUND);
        intentFilter.addAction(BluetoothAdapter.ACTION_DISCOVERY_STARTED);
        intentFilter.addAction(BluetoothAdapter.ACTION_DISCOVERY_FINISHED);
        return intentFilter;
    }

    private void setUpComponents(){
        this.componentHash.put(R.id.paired_list_view,
this.findViewById(R.id.paired_list_view));
        this.componentHash.put(R.id.start_button,
this.findViewById(R.id.start_button));
        this.componentHash.put(R.id.server_status,

```

```

this.findViewById(R.id.server_status));
    }

    @Override
    protected void onStart() {
        super.onStart();
    }

    //Quando usuário volta para a atividade a private void renderViewComponents()
partir do onPause();
    @Override
    protected void onResume() {
        super.onResume();
    }

    //Outra atividade toma conta da tela porém continua visível
    @Override
    protected void onPause() {
        super.onPause();
    }

    //Atividade não é mais visível
    @Override
    protected void onStop() {
        super.onStop();
    }

    @Override
    protected void onDestroy() {
        super.onDestroy();
    }

    //Quando o usuário volta para a atividade a partir do onStop();
    @Override
    protected void onRestart() {
        super.onRestart();
    }

    @Override
    protected void onActivityResult(int requestCode, int resultCode, Intent data) {
        super.onActivityResult(requestCode, resultCode, data);
        if(requestCode == ENABLE_BLUETOOTH_REQUEST_ID){
            if(resultCode != RESULT_OK){
                Toast.makeText(this, "App needs Bluetooth enabled.",
Toast.LENGTH_LONG).show();
            }
        }
    }

    public void startScan(View view){
        if(!this.devicesMonitor.getIsRunning()){
            this.devicesMonitor.run();
            this.devicesMonitor.setIsRunning(true);
        }
        this.devicesMonitor.setMustStop(false);
        Toast.makeText(this, "Tracking started.", Toast.LENGTH_LONG).show();
    }

    @Override
    public void scanDevices(){
        this.checkBluetoothAdapter();
        if(this.isServerAvailable){
            this.bluetoothAdapter.startDiscovery();

```

```

    }else{
        Toast.makeText(this, "Server is not available. Try again later.",
Toast.LENGTH_LONG).show();
    }
}

private void checkBluetoothAdapter(){
    if(!this.bluetoothAdapter.isEnabled()){
        Intent enableBluetoothIntent = new
Intent(BluetoothAdapter.ACTION_REQUEST_ENABLE);
        this.startActivityForResult(enableBluetoothIntent,
ENABLE_BLUETOOTH_REQUEST_ID);
    }
}

public void stopScan(View view){
    this.bluetoothAdapter.cancelDiscovery();
    this.devicesMonitor.setMustStop(true);
    Toast.makeText(this, "Tracking stopped.", Toast.LENGTH_LONG).show();
}

public void updateList(){
    ArrayList<String> deviceArrayList = new ArrayList();
    String toString = "%s / %s";
    for(BluetoothDevice device : this.deviceMap.keySet()){
        deviceArrayList.add(String.format(toString, device.getName(),
this.deviceMap.get(device)));
    }

    ArrayAdapter<String> arrayAdapter = new ArrayAdapter(this,
android.R.layout.simple_list_item_1, deviceArrayList);

((ListView)this.componentHash.get(R.id.paired_list_view)).setAdapter(arrayAdapter);
}

@Override
public void onAvailabilityCheck(Boolean result) {
    TextView serverStatus = (TextView) this.componentHash.get(R.id.server_status);
    this.isServerAvailable = result;
    if(!result){
        serverStatus.setText("Server not available.");
        serverStatus.setTextColor(Color.RED);
    }else{
        serverStatus.setText("Server is available.");
        serverStatus.setTextColor(Color.GREEN);
    }
}

public void registerDevices(View view){
    this.checkBluetoothAdapter();
    this.deviceMap.clear();
    Set<BluetoothDevice> pairedDevices = this.bluetoothAdapter.getBondedDevices();
    if(!pairedDevices.isEmpty()){
        for(BluetoothDevice device : pairedDevices){
            this.deviceMap.put(device, "");
        }
        this.updateList();
        Toast.makeText(this, "Devices registered successfully.",
Toast.LENGTH_LONG).show();
    }else{
        Toast.makeText(this, "Please, pair with the desired devices.",
Toast.LENGTH_LONG).show();
    }
}

```

```

    }
}

private BluetoothDevice getBluetoothDeviceByName(String deviceName){
    for(BluetoothDevice device : this.deviceMap.keySet()){
        if(device.getName().equals(deviceName)){
            return device;
        }
    }
    return null;
}

private void setUpRegistrationParameters(){
    FootprintRegistrationParameters footprintRegistrationParameters = new
FootprintRegistrationParameters();
    footprintRegistrationParameters.setServerAddress(WEB_SERVICE_URL);
    footprintRegistrationParameters.setRequestQueue(this.getRequestQueue());
    this.footprintRegistrationParameters = footprintRegistrationParameters;
}

private void registerFootprint() {
this.getFootprintRegistrationParameters().setParameters(FootprintRegistrationHelper.get
CallParameters(this.deviceMap, "1"));
    FootprintRegistrationTask footprintRegistrationTask = new
FootprintRegistrationTask(this.getFootprintRegistrationParameters());
    footprintRegistrationTask.execute();
}
}
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.helper;

import android.bluetooth.BluetoothDevice;
import android.util.Log;

import org.json.JSONArray;
import org.json.JSONException;
import org.json.JSONObject;

import java.util.Map;

public class FootprintRegistrationHelper {

    public static JSONObject getCallParameters(Map<BluetoothDevice, String> deviceMap,
String userId){
        JSONObject jsonObject = new JSONObject();
        try {
            jsonObject.put("user", userId);
            jsonObject.put("devices", createDeviceArray(deviceMap));
        } catch (JSONException e) {
            e.printStackTrace();
        }
        Log.d("jsonObject", jsonObject.toString());
        return jsonObject;
    }

    public static JSONArray createDeviceArray(Map<BluetoothDevice, String> deviceMap){
        JSONArray jsonArray = new JSONArray();
        for(BluetoothDevice device : deviceMap.keySet()){
            try{
                String strength = deviceMap.get(device) == null ||

```



```

deviceMap.get(device).equals("") ? "0" : deviceMap.get(device);
    JSONObject jsonObject = new JSONObject();
    jsonObject.put("mac", device.getAddress());
    jsonObject.put("name", device.getName());
    jsonObject.put("strength", strength);
    jsonArray.put(jsonObject);
} catch (JSONException e) {
    e.printStackTrace();
}
}
return jsonArray;
}
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.interfaces;

public interface AvailabilityListener {
    void onAvailabilityCheck(Boolean result);
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.monitor;

import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters.DevicesTaskParameters;

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Getter;
import lombok.Setter;

@Getter
@Setter
@AllArgsConstructor
public class DevicesMonitor implements Runnable {

    private DevicesTaskParameters devicesTaskParameters;
    public Boolean mustStop;
    public Boolean isRunning;

    @Override
    public void run() {
        if(!mustStop){
            this.devicesTaskParameters.getDeviceScanner().scanDevices();
        }
        this.devicesTaskParameters.getHandler().postDelayed(this, 15000);
    }
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.interfaces;

public interface DeviceScanner {

    void scanDevices();
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.monitor;

```

```

import com.android.volley.Request;
import com.android.volley.Response;
import com.android.volley.VolleyError;
import com.android.volley.toolbox.JsonArrayRequest;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters.AvailabilityTaskParameters;

import org.json.JSONArray;

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Getter;
import lombok.Setter;

@AllArgsConstructor
@Getter
@Setter
public class AvailabilityMonitor implements Runnable {

    private AvailabilityTaskParameters availabilityTaskParameters;

    @Override
    public void run() {
        JsonArrayRequest jsonObjectRequest = new JsonArrayRequest(Request.Method.GET,
this.availabilityTaskParameters.getServerAddress(), null,
        new Response.Listener<JSONArray>() {
            @Override
            public void onResponse(JSONArray response) {

AvailabilityMonitor.this.getAvailabilityTaskParameters().getListener().onAvailabilityCh
eck(true);

            },
            new Response.ErrorListener() {
                @Override
                public void onErrorResponse(VolleyError error) {

AvailabilityMonitor.this.getAvailabilityTaskParameters().getListener().onAvailabilityCh
eck(false);

            }
        });
        this.getAvailabilityTaskParameters().getRequestQueue().add(jsonObjectRequest);
        this.getAvailabilityTaskParameters().getHandler().postDelayed(this, 30000);
    }
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters;

import android.os.Handler;

import com.android.volley.RequestQueue;
import
com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.interfaces.AvailabilityListener;

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Getter;
import lombok.NoArgsConstructor;
import lombok.Setter;

@Getter
@Setter
@AllArgsConstructor

```

```

@NoArgsConstructor
public class AvailabilityTaskParameters {
    public AvailabilityListener listener;
    public RequestQueue requestQueue;
    public String serverAddress;
    public Handler handler;
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters;

import android.os.Handler;

import com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.activity.interfaces.DeviceScanner;

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Getter;
import lombok.NoArgsConstructor;
import lombok.Setter;

@Getter
@Setter
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class DevicesTaskParameters {
    public Handler handler;
    public DeviceScanner deviceScanner;
}

```

```

package com.example.cadupc.bluetoothscanner.project.task.parameters;

import com.android.volley.RequestQueue;

import org.json.JSONObject;

import lombok.AllArgsConstructor;
import lombok.Getter;
import lombok.NoArgsConstructor;
import lombok.Setter;

@Getter
@Setter
@AllArgsConstructor
@NoArgsConstructor
public class FootprintRegistrationParameters {
    public String serverAddress;
    public JSONObject parameters;
    public RequestQueue requestQueue;
}

```

Apêndice B – Código Fonte do *Web Service*

O código de toda a aplicação também pode ser encontrado no seguinte endereço: <https://github.com/cadurebelato/tccwebserver>.

Models – Footprint.js

```
var mongoose = require('mongoose');  
  
var Schema = mongoose.Schema;  
  
var footprintSchema = new Schema({  
  user: {type: String, required: true},  
  mac: {type: String, required: true},  
  device: {type: String, required: true},  
  strength: {type: Number, required: true},  
  date: {type: Date, default: Date.now}  
});  
  
var Footprint = mongoose.model('Footprint', footprintSchema);  
  
module.exports = Footprint;
```

Models – Person.js

```
var mongoose = require('mongoose');  
  
var Schema = mongoose.Schema;
```

```
var personSchema = new Schema({
  id: {type: Number, required: true},
  name: {type: String, required: true},
  birthdate: {type: Date, required: true},
  createdAt: {type: Date, required: true}
});
```

```
var Person = mongoose.model('Person', personSchema);
```

```
module.exports = Person;
```

Routes.js

```
var database = require('./database');
```

```
module.exports = function (app) {
  app.get('/', function (req, res){
    database.showAllPeople(function(error, users){
      if(error){
        res.send(error);
      }else{
        console.log("reached");
        res.send(users);
      }
    });
  });
}
```

```
    }  
  });  
});
```

```
app.get('/create', function(req, res){  
  database.createPerson('000', function(error){  
    if(error){  
      res.send(error);  
    }else{  
      res.send("New person created.");  
    }  
  });  
});
```

```
app.get('/showAllFootprints', function(req, res){  
  database.showAllFootprints(function(error, footprints){  
    if(error) console.log(error);  
    res.send(footprints);  
  });  
});
```

```
app.post('/registerFootprint', function(req, res){  
  var user = req.body.user;
```

```
req.body.devices.forEach(function (device){
  var footprintParams = {
    user: user,
    mac: device.mac,
    device: device.name,
    strength: device.strength
  };
  database.registerFootprint(footprintParams, function(error){
    console.log(error);
  });
});
});
});

app.get('/reset', function(req, res){
  database.clearFootprints(function(error){
    if(error) console.log(error);
    console.log("Cleared footprints.");
  });
});
}
```

Package.json

```
{
```

```
"name": "tcc-webserver",  
"version": "0.0.1",  
"description": "This is a webserver for my mobile application that is responsible for  
handling calls and managing data.",  
"main": "app.js",  
"scripts": {  
  "test": "echo \"Error: no test specified\" && exit 1"  
},  
"keywords": [  
  "nodejs",  
  "express",  
  "mongo",  
  "mongoose",  
  "ejs"  
],  
"author": "Carlos Eduardo Rebelato",  
"license": "ISC",  
"dependencies": {  
  "body-parser": "^1.16.1",  
  "ejs": "^2.5.5",  
  "express": "^4.14.1",  
  "mongoose": "^4.8.2"  
}
```



```
}
```

Database.js

```
var Person = require('./models/person');  
var Footprint = require('./models/footprint');  
  
module.exports = {  
  createPerson: function (userdata, callback){  
    createPerson(userdata, callback);  
  },  
  showAllPeople: function(callback){  
    showAllPeople(callback);  
  },  
  getPerson: function(userId, callback){  
    getPerson(userId, callback);  
  },  
  registerFootprint: function(footprintData, callback){  
    registerFootprint(footprintData, callback);  
  },  
  showAllFootprints: function(callback){  
    showAllFootprints(callback);  
  },  
  clearFootprints: function(callback){
```

```
    clearFootprints(callback);  
  }  
}  
  
function createPerson(userData, callback){  
  var newPerson = Person({  
    id: 0,  
    name: 'Carlos Eduardo Rebelato',  
    birthdate: new Date(1994, 08, 02),  
    createdAt: new Date()  
  });  
  
  newPerson.save(function(error){  
    if(error) callback(error);  
    console.log("Person created");  
  });  
}  
  
function showAllPeople(callback){  
  Person.find({}, function(error, users){  
    callback(error, users);  
  });  
}
```

```
function getPerson(userId, callback){  
  Person.find({id: userId}, function(error, user){  
    callback(error, user);  
  });  
}
```

```
function registerFootprint(footprintData, callback){  
  var newFootprint = Footprint({  
    user: footprintData.user,  
    mac: footprintData.mac,  
    device: footprintData.device,  
    strength: footprintData.strength  
  });  
  
  newFootprint.save(function(error){  
    if(error) callback(error);  
  });  
}
```

```
function showAllFootprints(callback){  
  Footprint.find({}, function(error, footprints){  
    callback(error, footprints);  
  });  
}
```

```
});  
}
```

```
function clearFootprints(callback){  
  Footprint.remove({}, function(error){  
    if(error) callback(error);  
  });  
}
```

App.js

```
var mongoose = require('mongoose');  
var express = require('express');  
var bodyParser = require('body-parser');  
var app = express();  
  
app.set('view engine', 'ejs');  
app.set('views', __dirname + '/views');  
app.set('models', __dirname + '/models');  
app.set('port', (process.env.PORT || 8080));  
app.set('database', (process.env.MONGODB_URI || 'mongodb://127.0.0.1/footprintdb'));  
  
app.use(bodyParser.json());  
app.listen(app.get('port'));
```

```
mongoose.connect(app.get('database'));
```

```
require('./routes')(app);
```

```
console.log('Application running at: ' + app.get('port'));
```

```
console.log('Database running at: ' + app.get('database'));
```

Apêndice C – Artigo

Desenvolvimento de uma Abordagem para a Identificação e Localização de Pessoas em Ambientes Assistidos

Carlos E. Rebelato

Departamento de Informática e Estatística – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Caixa Postal 476 – 88040900 – Florianópolis – SC – Brazil

carlosrebelato@gmail.com

***Abstract.** By knowing the need of new technologies and the need of improving patient's remote care, this work proposed a new approach to identify and to localize users inside a home environment using Bluetooth. To do so, concepts, state-of-the-art, technologies, models and patterns were studied and a new model projected. The model was created aiming the lowest financial and energy cost possible, being adaptable to ambient assisted living, preserving users' identities and persisting all data consumed by it. Everything in the least invasive way possible. After being projected and developed, the model was tested in different scenarios, showing that it is capable of reaching the objectives proposed by this research.*

***Resumo.** Tendo em vista a necessidade de novas tecnologias e do aperfeiçoamento do cuidado de pacientes à distância, este trabalho propôs uma abordagem para localizar e identificar usuários dentro de um ambiente domiciliar utilizando Bluetooth. Para isto, foram estudados conceitos, estado da arte, tecnologias, modelos e padrões utilizados e projetado um modelo. O modelo foi criado de modo a atingir o menor custo financeiro e energético possível, sendo adaptável a ambientes assistidos, que preservasse a identidade do usuário e que os dados obtidos fossem armazenados e disponibilizados, tudo da maneira menos invasiva possível. Após projetado e desenvolvido, o modelo foi testado em diferentes cenários, mostrando-se capaz de atingir os objetivos propostos pela pesquisa.*

1. Introdução

Pesquisas realizadas por autores como Rashidi et al. (2013), Nakagawa et al. (2012) e Wang et al. (2016) na área de ambientes assistidos e healthcare trazem o envelhecimento da população como um fato que já é realidade em diversos países. O envelhecimento da população culminou na necessidade do uso de tecnologias mais avançadas para que cuidados básicos pudessem ser oferecidos, e com isso, custos com tais cuidados aumentaram exponencialmente.

Dentro dos cuidados básicos indispensáveis, existia a necessidade de monitorar o estado da saúde de um paciente enquanto o mesmo estivesse fora de um hospital. Em seu domicílio, por exemplo.

Com uma demanda aparente e com o avanço e aperfeiçoamento da tecnologia, diversos protótipos e sistemas passaram a ser desenvolvidos com o objetivo de providenciar feedback em tempo real sobre a saúde de um usuário. Feedback que serviria tanto para os profissionais da área da saúde quanto para o indivíduo monitorado. Além do sistema retroativo oferecido pelos projetos desenvolvidos, também existia um outro grande objetivo: a habilidade de poder identificar condições iminentes de ameaça à saúde.

O avanço ocorrido na área de microprocessadores, novos materiais de sensoriamento, microsistemas eletromecânicos e comunicação sem fio tem estimulado o desenvolvimento e uso de sensores inteligentes em áreas ligadas a processos físicos, químicos, biológicos, dentre outros (Loureiro, 2015).

Com o objetivo de melhorar a qualidade de vida das pessoas através da implantação de um modelo tecnológico não intrusivo no ambiente onde vivem, este trabalho visa avaliar e desenvolver uma abordagem alternativa de localização e identificação de usuários dentro de um ambiente assistido. Através do uso de dispositivos eletrônicos e de padrões de comunicação sem fio já conhecidos, um modelo foi implementado e avaliado nos quesitos: dificuldade de implantação, dificuldade de desenvolvimento, nível de intrusão e benefícios obtidos a partir do uso do mesmo.

2. Envelhecimento Populacional e o AAL

O envelhecimento da população é um fenômeno sem precedentes causado pelo aumento da expectativa de vida e pela diminuição da taxa de natalidade. Além disso, de acordo com Nakagawa et al. (2012), pode ser considerado um fenômeno global.

O processo de envelhecimento acontece de uma forma diferente em cada país. Em alguns o processo é mais tardio que outros, sendo que cada um se adapta a esse processo de uma maneira diferente. De acordo com relatos das Nações Unidas, não existem indicações de que a população global irá rejuvenescer no futuro, fato que traz muitas implicações para a vida humana.

Países industrializados têm depositado grandes esforços em pesquisadores dentro de diversas áreas de pesquisas, desde ciências médicas às ciências de tecnologias, com foco na melhoria da qualidade de vida, saúde e independência da população idosa, motivados pelas mudanças demográficas e sociais trazidas pelo envelhecimento da população (Nakagawa et al. 2012).

Devido ao aumento da expectativa de vida é necessário, portanto, o desenvolvimento de novos mecanismos e tecnologias para promover a independência, supervisão e assistência para toda a população. Um dos meios encontrados até então para atingir tais objetivos, são os ambientes inteligentes.

A partir da necessidade de novas tecnologias e mecanismos que auxiliem a população durante o todo o processo de envelhecimento surgiu o Ambient Assisted Living. O AAL é um conceito baseado em ambientes inteligentes, fazendo com que a tecnologia sempre esteja presente na vida do ser humano, sem que o mesmo perceba, e ao mesmo tempo traga muitos benefícios ao mesmo. Tecnologias e conceitos relevantes ao AAL serão brevemente descritos nas seções a seguir a fim de proporcionar um melhor entendimento sobre determinados assuntos.

3. Proposta

A partir das pesquisas realizadas durante o embasamento teórico e análise do estado da arte foi possível observar a importância dos ambientes assistidos para a sociedade, tanto na atualidade quanto para o futuro. Os benefícios trazidos pela tecnologia e seus conceitos para todos os indivíduos, principalmente para os idosos, não podem ser negados e, sendo assim, seu uso e desenvolvimento deve ser cada vez mais incentivado.

Tendo em vista tais necessidades, a proposta é criar e avaliar um modelo que identifique onde determinado usuário se encontra dentro de um domicílio e quem é esse usuário, tudo da forma menos perceptível ao usuário e utilizando uma tecnologia de baixo custo que se adapte em um AAL.

3.1. Definição da Tecnologia

Para desenvolver a proposta deste projeto o primeiro passo foi identificar uma tecnologia que se encaixasse da melhor forma nos objetivos a serem atingidos. Levando em conta as tecnologias já conhecidas e a análise feita em trabalhos relacionados, a tecnologia escolhida foi o Bluetooth.

O Bluetooth por ser uma tecnologia consideravelmente comum nos dispositivos de hoje, satisfaz a necessidade de ser uma tecnologia de baixo custo, ao passo de que para construir o sistema proposto não foi necessário adquirir nenhum novo equipamento. O que a tornou ainda mais viável ao modelo da proposta foram suas características de possuir um bom alcance de sinal; baixo custo de energia e, principalmente, por estar em constante desenvolvimento.

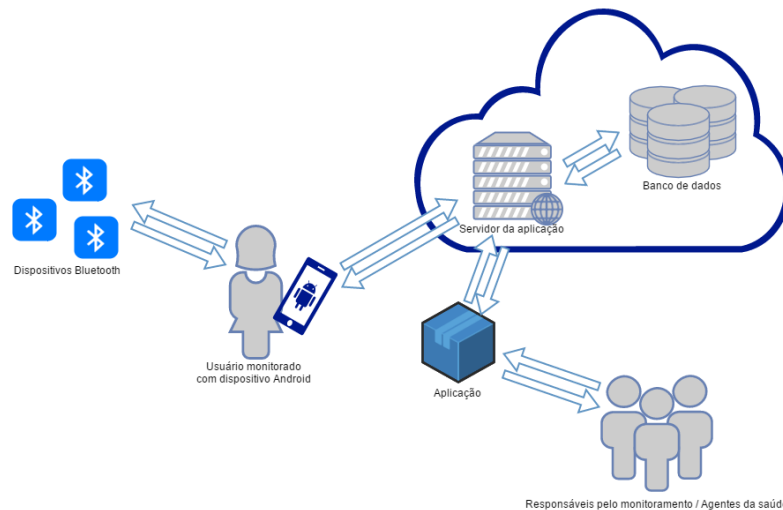
Além das características já citadas, a sua facilidade de uso e flexibilidade, característica que auxilia bastante na adaptação ao contexto desejado, fazem com que o Bluetooth seja o futuro da interconectividade de dispositivos, tornando-se ideal para ambientes assistidos, como descrito em muitos estudos. Essa flexibilidade permite que o sistema seja modelado de uma forma a proteger dados privados pertencentes ao usuário, tornando possível que sua privacidade seja respeitada.

3.2. Definição do Modelo

Com a decisão de qual tecnologia iria servir de base para a construção da abordagem, o próximo passo foi pensar em como construir o modelo de fato, fazendo a definição dos componentes do sistema e de como os mesmos iriam interagir uns com os outros e também como os componentes interagiriam com o usuário.

O modelo foi definido levando em consideração fatores importantes para o desenvolvimento deste projeto como a máxima redução de custo, baixo custo energético, baixo nível de intrusão, facilidade de implantação e também a privacidade do usuário.

Como pode ser observado na figura a seguir, o modelo proposto foi montado sobre uma arquitetura cliente-servidor e possui três componentes essenciais para o seu funcionamento, sendo eles: os dispositivos Bluetooth presentes no ambiente, o smartphone carregado junto ao usuário e, por fim, o servidor.



O funcionamento do modelo se dá pela seguinte maneira: os dispositivos Bluetooth se encontram dispersos pelo ambiente onde o usuário a ser monitorado irá transitar e estão constantemente emitindo sinais. Ao mesmo tempo, o aparelho celular carregado pelo usuário monitorado permanece enviando requisições aos dispositivos espalhados pelo ambiente e ao passo que os mesmos respondem a essa requisição, o aparelho celular interpreta e trata tais respostas, fazendo a medição da força do sinal recebido por cada dispositivo e enviando esses dados ao servidor, responsável por armazenar os mesmos.

3.3. Codificação

Tendo em mãos todas as informações necessárias, os dispositivos necessários, uma estrutura, planos e objetivos definidos foi então iniciada uma fase de extrema importância para a realização deste trabalho: a codificação das aplicações.

A fase de codificação teve como objetivo fazer com que os componentes existentes no modelo proposto conseguissem realizar a troca de informações tornando possível a coleta de dados para que testes pudessem ser feitos e então a abordagem proposta avaliada.

Para que o modelo proposto pudesse ser construído, a etapa de codificação contou com a criação da aplicação rodada no lado do servidor e também da aplicação executada no smartphone, por parte do usuário. Desta maneira a arquitetura cliente-servidor citada anteriormente na determinação do modelo foi implementada.

Esta etapa foi elaborada, assim como as demais, procurando fazer com que o projeto atinja seus objetivos. Sendo assim, foi optado por uma infraestrutura de servidor e ferramentas de desenvolvimento open source, livres de qualquer custo.

3.5. Execução dos Testes

Para realizar os testes foram propostos diferentes cenários, sendo que alguns deles puderam ser testados dentro do apartamento do próprio autor, com o objetivo de avaliar o modelo proposto em diferentes situações e circunstâncias, como será visto a seguir.

Para os cenários que demonstram a abordagem em funcionamento, os componentes do conjunto foram devidamente posicionados em cada cômodo, funcionando nas configurações de fábrica e com o seu modo de descoberta ativados.

Referindo-se ao monitoramento e funcionamento da aplicação, o posicionamento dos dispositivos no ambiente e o número de usuários poderia variar de acordo com o cenário a ser testado.

Durante os testes foram analisadas as diferentes medidas de força de sinal entre os dispositivos, relacionando as leituras com o posicionamento do indivíduo na hora da leitura.

Também foi acompanhado durante os testes, o comportamento do web service e da gravação de dados, assim como as situações onde o sistema não se comportava da maneira esperada por razões como a falta de conexão com a internet sem fio ou por não conseguir alcançar o web service ao tentar registrar uma leitura.

4. Resultados Experimentais

Os resultados obtidos através da execução dos testes foram satisfatórios quanto aos objetivos determinados no início desta pesquisa. A partir do sistema e dos cenários propostos, dados sobre a localização e identidade de usuários puderam ser coletados e armazenados conforme o esperado, sendo possível estimar onde determinado usuário se encontra e por onde ele esteve.

Para que a avaliação da proposta se desse por completa, a abordagem foi testada em diferentes situações para que fosse feita a coleta de informações sob diferentes circunstâncias, tornando possível uma melhor análise e comparação. A próxima seção trata de caracterizar e demonstrar os cenários e ambientes propostos.

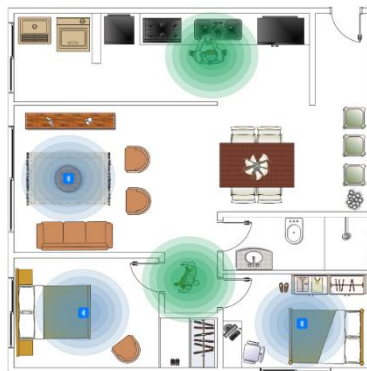
4.5. Ambientes Experimentais

Nesta seção serão apresentados os cenários e ambientes propostos utilizados posteriormente para a avaliação da abordagem apresentada neste trabalho. Características específicas dos cenários e suas possíveis influências no funcionamento do modelo também serão detalhadas.

4.5.2. Ambiente Monitorado

Foram considerados ambientes monitorados aqueles ambientes que possuem a abordagem proposta nesse projeto aplicada em seu contexto. O cenário é semelhante ao apresentado na seção anterior sendo que a única mudança é a aplicação do modelo.

O cenário apresentado nesta seção é tido como o ideal para o funcionamento da aplicação e o mesmo foi replicado na casa do autor para que pudessem ser realizados testes. Uma representação gráfica deste cenário pode ser vista na figura a seguir.



O ambiente de testes foi montado com os equipamentos apresentados anteriormente na seção 5.3, contando com uma conexão Wi-Fi estável e com apenas um usuário sendo monitorado. Além dessas características, é importante ressaltar que os dispositivos estavam com suas baterias devidamente carregadas e que os mesmos se foram postos em locais onde a interferência dos seus sinais fosse mínima.

Para executar os testes neste ambiente os dispositivos foram distribuídos pelo ambiente, cada um representando um cômodo diferente, o aparelho celular foi conectado a rede sem fio e foi checado se o servidor estava em funcionamento.

Com a preparação do ambiente concluída, foram então executados os testes. A aplicação mobile em funcionamento pode ser vista na figura a seguir. No momento em que a aplicação foi executada, o usuário se encontrava no mesmo cômodo que o dispositivo Anker, então foi percebido que quanto menor o nível do sinal correspondente a um aparelho, mais próximo do mesmo o usuário se encontrava.

Com a aplicação em execução, o usuário pode começar a transitar pelos cômodos e o mesmo passou a ser monitorado por um curto espaço de tempo, tendo os dados referentes à sua localização registrados pelo servidor, como pode ser visto na imagem a seguir.

```

-ld: "58db062db0912000460ca1c", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:11.421Z"},
-ld: "58db062db0912000460ca1e", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 52, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:12.071Z"},
-ld: "58db062db0912000460ca1d", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 75, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:12.071Z"},
-ld: "58db062db0912000460ca1f", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:12.072Z"},
-ld: "58db063db0912000460ca20", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 67, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:24.247Z"},
-ld: "58db063db0912000460ca21", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 51, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:24.247Z"},
-ld: "58db063db0912000460ca22", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 79, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:24.247Z"},
-ld: "58db0643db0912000460ca23", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 67, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:35.253Z"},
-ld: "58db0643db0912000460ca24", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 51, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:35.254Z"},
-ld: "58db0643db0912000460ca25", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 79, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:35.254Z"},
-ld: "58db0646db0912000460ca26", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 70, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:38.885Z"},
-ld: "58db0646db0912000460ca27", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": 52, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:38.886Z"},
-ld: "58db0646db0912000460ca28", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 78, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:56:38.886Z"},
-ld: "58db067db0912000460ca3a", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 93, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:58:47.645Z"},
-ld: "58db067db0912000460ca3b", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 93, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:37.194Z"},
-ld: "58db067db0912000460ca3c", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 88, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:37.194Z"},
-ld: "58db067db0912000460ca3d", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 91, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:37.194Z"},
-ld: "58db070db0912000460ca3e", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 93, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:46.922Z"},
-ld: "58db070db0912000460ca3f", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 88, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:46.923Z"},
-ld: "58db070db0912000460ca40", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 91, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:46.923Z"},
-ld: "58db073db0912000460ca41", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 93, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:47.515Z"},
-ld: "58db073db0912000460ca42", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": 88, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:47.515Z"},
-ld: "58db073db0912000460ca43", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 91, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:47.516Z"},
-ld: "58db079db0912000460ca45", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 77, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:57.935Z"},
-ld: "58db079db0912000460ca44", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 62, "v": 0, "date": "2017-03-29T00:59:57.935Z"},
-ld: "58db079db0912000460ca46", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 34, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:03:55.742Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca77", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 76, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:02.747Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca78", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:02.747Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca79", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 33, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:02.747Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca7a", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:29.067Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca7b", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:29.067Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca7c", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 34, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:29.067Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca7d", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:33.462Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca7e", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "Anker A3143", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:33.462Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca7f", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 34, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:33.462Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca80", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:44.042Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca81", "user": "0", "mac": "C9:50:76:68:6F:F9", "device": "AnkerA3143", "strength": 74, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:44.042Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca82", "user": "0", "mac": "CC:20:E8:D1:7A:53", "device": "iPhone", "strength": 33, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:44.042Z"},
-ld: "58db0882db0912000460ca83", "user": "0", "mac": "34:E6:AD:B4:03:EC", "device": "CADU-PC", "strength": 76, "v": 0, "date": "2017-03-29T01:04:59.072Z"}

```

É possível identificar três situações distintas na imagem acima, a partir da análise da força dos sinais de cada grupo de registros. Os registros contidos no retângulo vermelho nos mostram o momento em que o usuário se encontrava no mesmo cômodo do dispositivo Anker. A seguir, no retângulo verde, os registros nos mostram que o usuário se moveu de onde estava, distanciando-se do speaker e indo para o cômodo onde se encontrava o laptop. Por fim, no retângulo amarelo, pode-se identificar que o usuário se encontra no cômodo onde o dispositivo iPhone foi posicionado.

4.5.3. Ambiente Monitorado Com Múltiplos Usuários

Outro aspecto considerado importante foi quanto ao comportamento do modelo em cenários onde mais de um usuário teria que ser monitorado ao mesmo tempo e, sendo assim, foi proposto o ambiente apresentado nesta seção. Este cenário é similar ao apresentado anteriormente, contando apenas com a adição de mais um usuário.

Para a execução dos testes neste cenário, dois usuários foram monitorados simultaneamente, seguindo o modelo de testes empregado no cenário da seção anterior e transitando pelos cômodos do apartamento um junto do outro.

No primeiro momento, ambos usuários se encontravam no cômodo do dispositivo iPhone e, como pode ser visto nas figuras a seguir, por mais que exista uma pequena diferença entre os sinais lidos pelos aparelhos, é possível identificar a posição de ambos usuários com sucesso pela análise da força de sinal obtida.

Os resultados obtidos no primeiro momento de testes se repetiram durante todo o processo de testes deste cenário, assim sendo possível afirmar que o modelo proposto suporta o monitoramento de múltiplos usuários simultaneamente.

Como pode ser visto na imagem a seguir, o servidor se comportou da maneira esperada durante todos os passos dos testes, assim como nos testes executados em outros cenários.

```

{"_id":"58fff9431fa2d229707cfff1c","user":"1","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-73,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:34:59.499Z"},
{"_id":"58fff9461fa2d229707cfff1d","user":"1","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-54,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:35:02.025Z"},
{"_id":"58fff9461fa2d229707cfff1e","user":"1","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"DESKTOP-P710F69","strength":-82,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:35:02.025Z"},
{"_id":"58fff9511fa2d229707cfff21","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-79,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:35:13.961Z"},
{"_id":"58fff9511fa2d229707cfff20","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"DESKTOP-P710F69","strength":-73,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:35:13.960Z"},
{"_id":"58fff9511fa2d229707cfff22","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-54,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:35:13.961Z"}

{"_id":"58fff9b9f1fa2d229707cfff6b","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"DESKTOP-P710F69","strength":-42,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:37:03.477Z"},
{"_id":"58fff9b9f1fa2d229707cfff6c","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-82,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:37:03.478Z"},
{"_id":"58fff9b9f1fa2d229707cfff6d","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-93,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:37:03.478Z"},
{"_id":"58fff9ca1fa2d229707cfff70","user":"1","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-86,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:37:14.675Z"},
{"_id":"58fff9ca1fa2d229707cfff6e","user":"1","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-77,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:37:14.675Z"},
{"_id":"58fff9ca1fa2d229707cfff6f","user":"1","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"DESKTOP-P710F69","strength":-30,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:37:14.675Z"}

{"_id":"58fffa361fa2d229707cfff9","user":"1","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"DESKTOP-P710F69","strength":-71,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:39:02.321Z"},
{"_id":"58fffa361fa2d229707cfff8","user":"1","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-67,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:39:02.321Z"},
{"_id":"58fffa4a1fa2d229707cfffca","user":"1","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-51,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:39:02.321Z"},
{"_id":"58fffa4a1fa2d229707cfffdd","user":"0","mac":"34:E6:AD:B4:03:EC","device":"DESKTOP-P710F69","strength":-68,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:39:22.705Z"},
{"_id":"58fffa4a1fa2d229707cfffde","user":"0","mac":"C9:50:76:68:6F:F9","device":"Anker A3143","strength":-46,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:39:22.705Z"},
{"_id":"58fffa4a1fa2d229707cfffdf","user":"0","mac":"CC:20:E8:D1:7A:53","device":"iPhone","strength":-86,"_v":0,"date":"2017-04-26T01:39:22.705Z"}

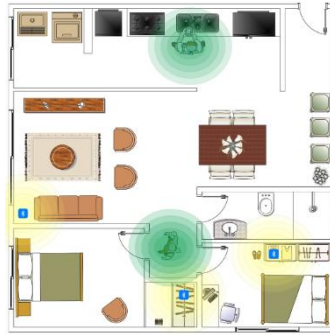
```

Na imagem acima, podem ser identificados os três passos de testes executados, cada um representado por um retângulo diferente, assim como a semelhança entre os dados enviados pelos dispositivos. O primeiro retângulo, em azul, representa o passo inicial, onde os usuários se encontravam próximos ao iPhone. Posteriormente, nos retângulos vermelho e amarelo, encontram-se os registros referentes ao trânsito dos usuários para as proximidades do laptop e do speaker, respectivamente.

4.5.4. Ambiente Monitorado Mal Planejado

Pensando em situações onde os dispositivos tivessem que trabalhar em condições não tão favoráveis, foi proposto um cenário onde os mesmos fossem posicionados de maneira não tão adequada buscando uma maior interferência nos seus sinais.

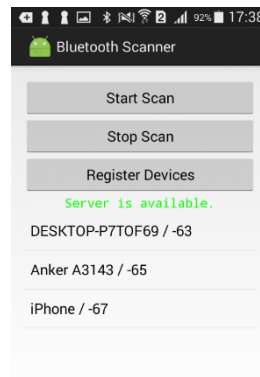
O cenário do ambiente proposto nesta seção é similar ao cenário considerado ideal, porém, neste caso, os dispositivos foram postos dentro de gavetas e/ou próximos a paredes a fim de atingir altos níveis de interferência e o mesmo pode ser conferido na figura a seguir.



Para a execução dos testes deste cenário, cada dispositivo foi posto em cômodos diferentes, como no teste anterior, porém, o speaker Anker foi posto dentro de um guarda-roupas, o iPhone foi posto dentro de uma gaveta e o laptop foi posicionado em um dos cantos do cômodo onde se encontrava.

No começo do monitoramento o usuário se encontrava no mesmo cômodo onde foi posicionado o iPhone, porém, devido ao mal posicionamento dos dispositivos que culminou no aumento da interferência de seus sinais, foi percebido que os valores obtidos pela busca foram muito próximos uns aos outros, no entanto ainda era possível identificar a localização do usuário.

No segundo passo dos testes de monitoramento deste cenário, o usuário se moveu para o cômodo ao lado, onde foi posicionado o speaker, e a influência da interferência dos sinais foi ainda mais perceptível, não sendo possível identificar exatamente a localização do usuário através da análise dos sinais lidos. Na figura seguinte, pode-se observar que o sinal obtido por todos os dispositivos é bastante semelhante, dificultando a inferência. O fato deste cômodo se encontrar entre os outros dois utilizados neste teste também influenciou para que os resultados obtidos neste passo fossem bastante semelhantes.



Por fim, como último passo dos testes deste cenário, o usuário foi até o cômodo onde se encontrava o laptop. Visto que este cômodo se encontra um pouco mais distante dos outros, os dados obtidos pela leitura voltaram ao normal e a localização do usuário voltou a ser identificada.

Os testes executados neste cenário tornaram possível identificar que o modelo sofre sim influência de acordo com o posicionamento dos dispositivos e que sob essas circunstâncias a localização pode não ser identificada.

O servidor se comportou da maneira esperada, como nos testes executados anteriormente no cenário considerado ideal.

5. Conclusões

Através do estudo realizado sobre o estado da arte em que os ambientes assistidos se encontram foi possível identificar as dificuldades enfrentadas pela área em diversos contextos e também como os estudos são realizados dentro dela. Pela união do que foi encontrado na pesquisa de embasamento teórico com o estado da arte e também com as necessidades da população foi então traçado o objetivo deste trabalho.

Muitos dos trabalhos utilizados como referência citam AAL como uma área de estudo em ascensão e de pouca maturidade e, conforme os estudos foram feitos, tais características se confirmaram. Grande parte das pesquisas são de publicação recente. Por ser um conceito novo, a comunidade pode não ser tão grande e boas fontes de referência podem não ser tão fáceis de encontrar. Em contrapartida, as pesquisas realizadas na área utilizam conceitos e tecnologias novas, favorecendo o desenvolvimento de estudos.

Com a definição de um propósito a partir da identificação de uma necessidade, no caso deste trabalho, a identificação e localização de indivíduos em ambientes assistidos para auxiliar no monitoramento de pessoas, e com o conhecimento adquirido pelos estudos iniciais, um modelo funcional foi projetado, desenvolvido e testado.

A aplicação móvel se comportou como o esperado. Constantemente registrava os passos do usuário e enviava os dados lidos ao servidor, que se encarregava de persistir os mesmos no banco de dados.

Durante os testes pode ser percebido que o fato de o servidor no qual a aplicação web estava rodando não se encontrar no Brasil, alguns registros salvos no banco possuíam inconsistências quanto ao dado que representa a data e hora em que o registro foi salvo. Isso se dá devido à latência de requisição e resposta. Essa inconsistência poderia ser contornada aumentando o tempo entre as buscas de dispositivos realizada pela aplicação. Porém ao diminuir a frequência com que as leituras fossem feitas, a qualidade das informações como um todo seria sacrificada.

Testes feitos utilizando o servidor hospedado na Nuvem apresentaram também situações onde a aplicação móvel não conseguia atingir o servidor, não sendo possível registrar os dados lidos durante algumas tentativas, porém, o mesmo não aconteceu quando utilizando o servidor hospedado localmente.

O fato de ter sido utilizado diferentes dispositivos com diferentes versões de Bluetooth também deve ser considerado ao levar em conta a força de sinal obtida pelo aparelho celular carregado junto ao usuário. Por mais que os objetivos da pesquisa tenham sido alcançados, seria ideal utilizar dispositivos iguais para que assim haja uma melhor padronização nas forças de sinal registradas.

Quanto a eficiência energética dos dispositivos utilizados no sistema, todos componentes se comportaram de uma maneira aceitável e funcionaram como as especificações de fábrica determinam, principalmente o smartphone responsável por realizar as leituras, sendo que as mesmas também eram executadas com o aparelho bloqueado, em segundo plano. Porém, para que o sistema trabalhe na melhor forma possível, é importante sempre ter certeza de que todos dispositivos estão ativos.

Os testes também mostraram que, dependendo da configuração do domicílio em questões de tamanho dos cômodos e posicionamento dos dispositivos responsáveis por auxiliar o modelo a realizar a leitura da localização, os dados obtidos pelo modelo não eram consistentes quanto à localização de um indivíduo. Em pontos específicos, dentro destas circunstâncias, não foi possível determinar a localização do mesmo de forma precisa, tornando perceptível a influência do posicionamento dos aparelhos para o bom funcionamento do modelo.

Pode-se perceber com os resultados obtidos durante os testes que o Bluetooth é capaz de integrar um sistema de identificação e localização de usuários em um domicílio e que os resultados foram bem-sucedidos.

Referências

- LOUREIRO, A. A. F., NOGUEIRA, J. M. S., RUIZ, L. B., MINI, R. A. F., NAKAMURA, E. F., FIGUEIREDO, C. M. S. “Redes de Sensores Sem Fio”. [Online].: <<http://homepages.dcc.ufmg.br/~loureiro/cm/docs/sbrc03.pdf>>. Acesso em: 17 novembro 2016. Dyer, S., Martin, J. and Zulauf, J. (1995) “Motion Capture White Paper”, http://reality.sgi.com/employees/jam_sb/mocap/MoCapWP_v2.0.html, December.
- NAKAGAWA, E. Y., ANTONINO, P. O., BECKER, M., MALDONADO, J. C., STORF, H., VILLELA, K. B., & ROMBACH, D. (2012). Relevance and perspectives of AAL in Brazil. *Journal of Systems and Software*, 86(4), 985-996.
- WANG, L., GU, T., TAO, X., LU, J. Toward a Wearable RFID System for Real-Time Activity Recognition Using Radio Patterns. In: *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Volume 16, pp. 228 – 242, 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7425219/>>. Acesso em: 23 março 2017. Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In *Advances in Computer Science*, pages 555–566. Publishing Press.
- RASHIDI, P., MIHAILIDIS, A. A Survey on Ambient-Assisted Living Tools for Older Adults. In: *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatic*, Volume 17, pp. 579 – 590, 2013. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6399501/>>. Acesso em: 22 de maio de 2017.