UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS
Departamento de Engenharia Elétrica
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

MARIA INEZ NOBUKUNI

APLICATIVO ANDROID PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE UM BAROPODÔMETRO VIA BLUETOOTH PARA APOIO NA ANÁLISE DE ESCOLIOSE

Ilha Solteira
2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

MARIA INEZ NOBUKUNI

APLICATIVO ANDROID PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE UM BAROPODÔMETRO VIA BLUETOOTH PARA APOIO NA ANÁLISE DE ESCOLIOSE

Orientador: Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho.
Co-orientadora: Profª. Drª. Erica Regina Marani Daruichi Machado.

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia - UNESP - Campus de Ilha Solteira, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.
Área do Conhecimento: Automação.

Ilha Solteira
2014

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

N754a

Nobukuni, Maria Inez.

Aplicativo Android para aquisição de dados de um baropodômetro via bluetooth para apoio na análise de escoliose / Maria Inez Nobukuni. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2014

66 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2014

Orientador: Aparecido Augusto e Carvalho
Co-orientador: Erica Regina Marani Daruichi Machado
Inclui bibliografia

1. Baropodômetro. 2. Psoc. 3. Arduino. 4. Java-Android. 5. Bluetooth. 6. Escoliose.

unesp UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: Aplicativo Android para aquisição de dados de um baropodômetro via bluetooth para apoio na análise de escoliose

AUTORA: MARIA INEZ NOBUKUNI

ORIENTADOR: Prof. Dr. APARECIDO AUGUSTO DE CARVALHO
CO-ORIENTADORA: Profa. Dra. ERICA REGINA M D MACHADO

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Elétrica , Área: AUTOMAÇÃO, pela Comissão Examinadora:

A.A. Carvalho

Prof. Dr. APARECIDO AUGUSTO DE CARVALHO
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

Prof. Dr. CARLOS ANTONIO ALVES
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira

M Claudia F Castro

Profa. Dra. MARIA CLAÚDIA FERRARI DE CASTRO
Departamento de Engenharia Elétrica, Campus São Bernardo / Centro Universitário Da Fei

Data da realização: 05 de dezembro de 2014.

Dedico este trabalho a todos que me incentivaram e deram apoio para o seu desenvolvimento. À minha família, por toda a dedicação para que eu pudesse alcançar mais um objetivo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus por todas as oportunidades, pela força para prosseguir e por colocar pessoas maravilhosas em minha jornada.

Agradeço à minha família por todo apoio e incentivo para os estudos, principalmente a minha mãe Santina sempre me apoiando em minhas decisões e ao meu paizinho Tocio que alegra meu lar, apenas com sua presença.

À minha amada irmã Márcia que me incentivou a decidir pela carreira acadêmica, juntamente com meu cunhado "Tio Will", que contribuiu muito com sua experiência neste trabalho.

À minha tia Sônia (Ioshiko Nobukuni), *in memorian*, por todo o tempo que passamos juntas, por todos os conselhos e pela inspiração de vida.

Ao meu noivo Marcus Jorgetto pelo carinho, pela paciência, pela compreensão, por todo incentivo e por todos os momentos de alegria.

Ao meu orientador Prof. Dr. Aparecido Carvalho por todo apoio e recursos necessários, pela oportunidade de realização deste trabalho, acreditando em minha capacidade e pelo incalculável aprendizado durante todo esse tempo.

À minha co-orientadora Profª. Drª. Erica Machado por tudo que me auxiliou com seus conhecimentos, pelos conselhos e conversas.

Aos professores, Prof. Dr. Carlos Alves e Prof. Dr. Antônio Pádua, que contribuíram diretamente nesta pesquisa desde o início.

Aos companheiros do laboratório, Mateus, Renan, Marcos, Sanches, Pedro, Jean, Renato, Aurasil, Ricardo e Rafael por sempre estarem dispostos a ajudar e compartilhar seus conhecimentos. Em especial a Luiz Henrique e à amiga e fisioterapeuta Carol Fanfoni por todo tempo que disponibilizaram para me auxiliar no desenvolvimento e nos testes da pesquisa, sem vocês esse trabalho não teria sido concluído.

Aos amigos Renato, Thais, Joline, Keila e Ana.

As profissionais (Roseli e Heloisa) da clínica da fisioterapeuta e Profª Regina Cubo, que também contribuiram diretamente neste trabalho com sugestões e auxilio para selecionar os voluntários com escoliose.

Aos trinta voluntários que contribuíram para realização dos testes deste trabalho.

Aos professores Prof. Dr. Edvaldo Assunção, Prof. Dr. Jean Ribeiro, Prof. Dr. José Roberto Mantovani, Profª. Drª. Anna Diva, Prof. Alexandre Rodrigues, Profª. Drª. Suely Mantovani, Prof. Ailton Shinoda, Prof. Dr. Marcelo Teixeira, Prof. Dr. Julio Borges e Prof. Dr. Percival por compartilharem seus conhecimentos em suas aulas.

Aos técnicos, Hidemassa, Adilson, Aderson, Chaves, Everaldo, Deoclécio e Rafael, por sempre estarem dispostos a colaborar e compartilharem suas experiências.

Aos funcionários Vanessa, Marilza, Mariana, Renatinho, Eder, Graciele, Márcia, Onilda, João, Cristiane, Raiane e Marta.

A CAPES e ao CNPq pelo suporte financeiro.

“Aprender é a única coisa de que a mente nunca se cansa, nunca tem medo e nunca se arrepende”. Leonardo da Vinci

RESUMO

Foi implementado um aplicativo para o sistema operacional Android, visando realizar a aquisição de dados de um baropodômetro via *Bluetooth* para apoio na análise de escoliose por profissionais da área da saúde. O aplicativo foi desenvolvido com a linguagem de programação orientada a objetos Java, no ambiente de desenvolvimento Eclipse. Esse aplicativo possibilita armazenar e visualizar informações de voluntários, como dados pessoais e medidas de força na região plantar de pacientes. Para a transmissão dos dados do baropodômetro foi desenvolvida uma instrumentação constituída por uma plataforma Arduino, um dispositivo PSoC, um módulo *Bluetooth*, um amplificador de instrumentação, um multiplexador, reguladores de tensão e potenciômetros. Utilizando o sistema implementado foi possível observar nitidamente diferenças na distribuição da descarga de peso na região plantar de voluntários hígidos e de voluntários com escoliose. Os resultados obtidos evidenciaram que os pacientes com escoliose descarregam de forma mais desigual os pesos nos pés direito e esquerdo que os pacientes hígidos. A maior diferença no percentual de descarga de peso entre os pacientes com escoliose e os hígidos ocorreu no médio pé, que nos pacientes com escoliose é menos da metade da que ocorre nos pacientes hígidos.

Palavras-chave: Baropodômetro. PSoC. Arduino. Java-Android. *Bluetooth*. Escoliose.

ABSTRACT

An application for the Android operating system that performs data acquisition of a baropodometer via Bluetooth to support the analysis of scoliosis by health care professionals was implemented. The application was developed with Java object oriented programming language in the Eclipse development environment. This application allows storing and displaying informations of volunteers, such as personal data and mensurements of force in the plantar region of patients. For the transmission of the barapodometer data, an instrumentation built with an Arduino platform, a PSoC device, a Bluetooth module, an instrumentation amplifier, a multiplexer, voltage regulators and pots was used. Using the implemented system, we can clearly see differences in the distribution of weightbearing in the plantar region of healthy volunteers and volunteers with scoliosis. The results showed that patients with scoliosis unload more unequally weights on the right and left feet that healthy patients. The biggest difference in the percentage of weightbearing in patients with scoliosis and healthy occurred in the midfoot. In patients with scoliosis, in this plantar region, the percentage of weightbearing is less than half of that in healthy patients.

Keywords: Baropodometer. PSoC. Arduino. Java-Android. Bluetooth. Scoliosis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de bloco do sistema. 15
Figura 2 – Estrutura das camadas do Android. 18
Figura 3 – Processo de execução de um aplicativo Android. 19
Figura 4 – Ambiente de desenvolvimento do Eclipse na linguagem Java. 21
Figura 5 – Estrutura do aplicativo Android. 24
Figura 6 – Interface do Emulador do Android AVD. 26
Figura 7 – Coluna vertebral. 27
Figura 8 – Coluna vertebral sem escoliose e com escoliose. 28
Figura 9 – Fluxograma do aplicativo. 32
Figura 10 – Baropodômetro implementado no LIEB. 33
Figura 11 – Vista superior e isométrica do baropodômetro. 34
Figura 12 – Célula de carga. 34
Figura 13 – Aplicador de força. 34
Figura 14 – Extensômetro metálico. 35
Figura 15 – Circuito do PSoC escravo. 37
Figura 16 – Módulo Bluetooth. 39
Figura 17 – Placa de circuito impresso com o circuito de alimentação. 40
Figura 18 – Aparato experimental utilizado na calibração do sistema eletrônico. 42
Figura 19 – Tela principal do aplicativo. 46
Figura 20 – Tela de cadastro de voluntários. 47
Figura 21 – Tela de pesquisa de voluntários. 48
Figura 22 – Tela de apresentação de voluntários. 48
Figura 23 – Tela de lista dos testes do voluntário. 49
Figura 24 – Tela de recepção dos valores dos sensores. 50
Figura 25 – Tela de apresentação dos resultados das medições. 51
Figura 26 – Curva de calibração da célula de carga D0. 53
Figura 27 – Curva de calibração da célula de carga D2. 54
Figura 28 – Curva de calibração da célula de carga D6. 54
Figura 29 – Curva de calibração da célula de carga D7. 55
Figura 30 – Curva de calibração da célula de carga D8. 55

Figura 31 – Curva de calibração da célula de carga E21. 56
Figura 32 – Comparação dos valores das descargas de pesos de voluntários hígidos e com escoliose. 58

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 12
2 OBJETIVOS 17
3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS 18
3.1 SISTEMA OPERACIONAL ANDROID 18
3.1.1 Estrutura das camadas do Android 18
3.2 DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS EM JAVA PARA ANDROID 20
3.2.1 Linguagem de programação orientada a objetos Java 20
3.2.2 Ambiente de desenvolvimento de *software* Eclipse 20
3.2.2.1 Interface visual em XML 22
3.2.2.2 Blocos básicos de uma aplicação Android 22
3.2.2.3 Estrutura dos diretórios 22
3.2.2.4 Tipos de arquivos Android 24
3.2.2.5 O emulador do Android AVD 25
3.3 A POSTURA E A COLUNA VERTEBRAL 26
3.4 ESCOLIOSE 28
3.4.1 Classificação das escolioses segundo a localização 28
3.4.2 Classificação segundo a angulação 29
3.4.3 Classificação segundo a idade de aparição 29
4 MATERIAIS E MÉTODOS 31
4.1 O aplicativo implementado 31
4.1.1 Fluxograma do Aplicativo 31
4.2 O BAROPODÔMETRO 33
4.3 O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE SINAIS 35
4.3.1 A utilização do PSoC e do Arduino 35
4.3.1.1 O Arduino Mestre 37
4.3.1.2 Os PSoCs Escravos 37
4.3.2 O Amplificador de Instrumentação INA122P 38
4.3.3 O Multiplexador DG407 39
4.4 O SISTEMA DE AQUISIÇÃO E INTERFACEAMENTO 39
4.4.1 O Módulo *Bluetooth* 39

4.4.2 O Protocolo de Comunicação I2C 39
4.5 O CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO 40
4.6 A CALIBRAÇÃO DO SISTEMA ELETRÔNICO 41
4.7 PROTOCOLOS DOS TESTES 42
4.7.1 Protocolo de seleção dos voluntários 42
4.7.2 Protocolo de cadastro de voluntário 43
4.7.3 Protocolo de procedimento nas medições 43
4.7.4 Protocolo de análise dos dados 43
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 45
5.1 APRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS INTERFACES DO APLICATIVO 45
6 CONCLUSÃO 59
6.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS 60
REFERÊNCIAS 61
ANEXO A 65

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, intensificou-se a utilização de ferramentas computacionais nos processos de avaliação e diagnóstico na área da saúde. Este processo de informatização se deve ao avanço tecnológico de computadores, equipamentos e *softwares* que possibilitam ao profissional acesso a informações em interfaces que facilitam a compreensão e armazenamento das mesmas.

A informática em saúde no Brasil iniciou-se em 1970, por meio de centros universitários como o Hospital da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), o Instituto do Coração e o Hospital das Clínicas da Universidade de São Paulo (USP) (SABBATINI, 1998).

Em 1986, aconteceu o primeiro seminário sobre informática em saúde, em nível nacional, realizado em Brasília pelo Ministério da Saúde. Em novembro de 1986, foi fundada a Sociedade Brasileira de Informática em Saúde, que passou a organizar diversos congressos nacionais e regionais sobre informática aplicada em enfermagem, medicina, biologia, odontologia e prontuário eletrônico do paciente (SABBATINI, 1998).

Segundo as estatísticas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o índice de envelhecimento no Brasil passou de 31,7 em 2001 para 51,8 em 2011 (IBGE, 2013). Este índice é habitualmente expresso como a razão entre o número de idosos com mais de 65 anos e 100 jovens ou crianças com menos de 15 anos. Segundo o Estatuto do Idoso, é considerada idosa a pessoa com mais de 60 anos.

O envelhecimento altera o equilíbrio entre a saúde e a doença, tornando os idosos mais frágeis a doenças crônicas, como problemas na coluna e na postura (SILVA, 2011).

No Brasil, quase metade (48,9%) dos idosos sofrem de mais de uma doença crônica e nos idosos com mais de 75 anos este índice atinge 54%. Dentre as doenças crônicas, as da coluna aparecem com uma frequência em torno de 35% entre as pessoas de 60 anos (IBGE, 2013).

Muitas das doenças crônicas na coluna são evoluções de problemas que surgiram na adolescência, e é crescente o número de jovens e adultos que buscam o sistema de saúde por queixas de dores de coluna. Também aumentou o número de profissionais da saúde que estão

se especializando em técnicas de tratamento de doenças da coluna com o uso de equipamentos, como o baropodômetro.

A Baropodometria é o estudo das pressões exercidas pelos pés em diferentes partes da região plantar e visa analisar as deformidades dos pés, equilíbrio e postura (NABÉRES, 1994).

As primeiras referências ao uso da baropodometria, na análise do contato entre o pé e o solo, datam do final do século dezenove. Em 1872, Carlet utilizou um plano de marcha circular associado a um instrumento de medição no centro, colado à sola dos sapatos de pacientes. Os sapatos possuíam duas câmaras fixadas debaixo da sola (RIGUETO, 2005).

Em 1947, Schwartz e Heath, apud Libotte (2001), propuseram a aplicação de um exame dinâmico durante a marcha. Para isso, os autores alteraram o dispositivo de Carlet fixando uma câmera embaixo do sapato e colocando sensores piezoelétricos nas plantas dos pés (RIGUETO, 2005).

Em 1962, Carlon e Taillard, apud Midicapteurs (1998), realizaram análises experimentais dinâmicas da marcha. Por volta de 1966, foram desenvolvidos projetos importantes, como o método de Eletropodografia desenvolvido pelo Instituto de Montpellier.

Em 1983, o trabalho do Professor Rabshong, apud Midicapteurs (1998), resultou na introdução de solas sensíveis utilizando a tecnologia de “pele artificial”. Simultaneamente, o trabalho elaborado por M. Jean Clot e sua equipe em Toulouse, apud Midicapteurs (1998), concluíram a construção de um podômetro eletrônico, uma plataforma para análise estática e dinâmica do suporte plantar (RIGUETO, 2005).

Em 1985, a companhia francesa MIDCAPTEUR iniciou a fabricação e comercialização do podômetro eletrônico e com este dispositivo foi introduzido o conceito de podometria eletrônica ou baropodometria (MIDICAPTEURS, 1998).

A baropodometria eletrônica consiste de um exame quantitativo, realizado com um baropodômetro digital e ferramentas de informática que, além de fornecer informações sobre a pressão plantar, também pode ser utilizada no estudo de posturas corporais estáticas e dinâmicas (BANKOFF et al., 2004), como disfunções no equilíbrio, alterações biomecânicas do pé e da coluna, picos de pressão e contato.

O baropodômetro é um equipamento composto por um conjunto de sensores dispostos em uma plataforma de força que mensura as pressões em diferentes regiões do pé. Em geral, os sinais dos sensores são enviados para um computador por meio de cabos e podem ser armazenados e visualizados por meio de uma interface. Com as informações enviadas pelos sensores, pode-se analisar diversos parâmetros, como a assimetria de descarga de peso nas regiões plantares, os deslocamentos e oscilações do centro de força dos pés (FREITAS, 2008).

Existem atualmente diversos equipamentos eletrônicos comerciais para a realização do exame baropodométrico, como o FootWork, da empresa Arkipelago, o Foot Scanner da Ortho Poauher, o F-scan da Tekscan. No entanto, tais equipamentos possuem alto custo, o que dificulta o acesso de uma grande parcela da população ao tratamento (BORBA et al., 2013).

A escoliose é uma deformidade da coluna vertebral que atinge até 15% da população (a palavra *skoliosis* no idioma grego significa curvatura) (RUARO, 2004; GUIMARÃES et al., 2011) .

O diagnóstico da escoliose e o acompanhamento dos resultados de seu tratamento tradicionalmente são realizados determinando-se o grau da curvatura da coluna utilizando radiografia. Contudo, o uso de radiografia expõe a população aos efeitos da radiação ionizante, além de envolver custos (INSTITUTO UNIFICADO DO ENSINO SUPERIOR-IUNES et al., 2010).

Em Dublin, foi implementado um sistema de "solas inteligentes", por Flanagan (2010). Esse sistema utiliza o videogame Nintendo Wii com a "*Balance Board*", que realiza a leitura dos movimentos do corpo e do centro de gravidade. Também foi utilizado um aplicativo Android para apresentar os dados e a transmissão desses dados com a comunicação Bluetooth. Esta pesquisa visa medir e tentar corrigir qualquer anormalidade na postura. Foram realizados testes com 4 voluntários.

No Laboratório de Instrumentação e Engenharia Biomédica (LIEB) da FEIS/UNESP foi implementado uma plataforma de força com 4 células de carga. Estas apresentaram resposta linear, precisão de 2%, resolução inferior a 0,5 N e histerese desprezível (FREITAS, 2008).

No mesmo laboratório foi implementado um baropodômetro constituído basicamente por 48 células de carga com extensômetros, circuitos de condicionamento e interfaceamento de sinais. O equipamento apresentou linearidade, precisão de 0,84%, resolução de 0,5 N e

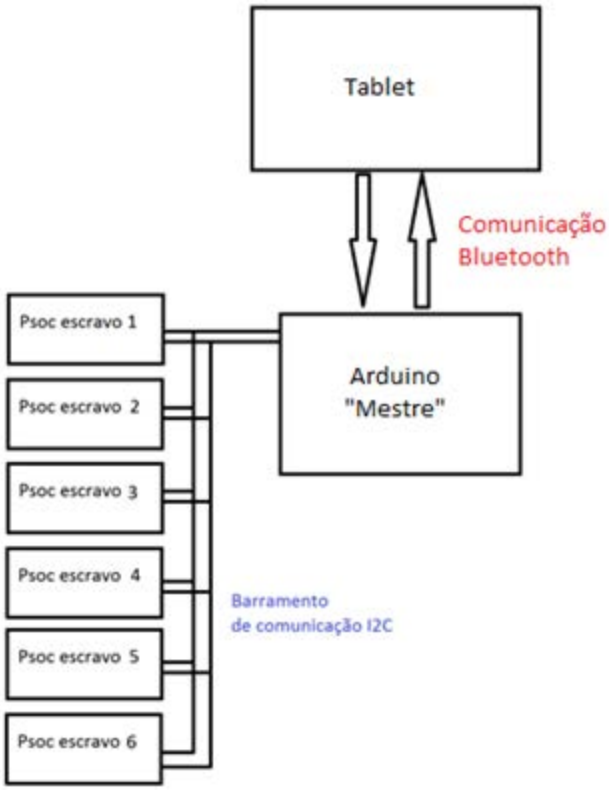
baixa histerese (ESTREMOTE, 2010). Determinou-se, com o equipamento implementado, a relação entre a distribuição de pesos nos antepés esquerdo e direito de voluntários hígidos e com hemiplegia. Constatou-se que a relação entre a distribuição de pesos no antepé esquerdo e direito dos voluntários com hemiplegia é muito mais elevada que a dos voluntários hígidos. O mesmo baropodômetro foi utilizado por Freitas (2011) para discriminar pacientes normais e hemiplégicos com redes neurais. Através da rede neural MLP, com algoritmo retropropagação (backpropagation), e da rede neural ARTMAP foi possível distinguir os pessoas normais dos hemiplégicos.

O presente trabalho é uma continuidade do desenvolvido por Estremote (2010). O baropodômetro mencionado foi aprimorado, efetuando-se modificações no seu circuito eletrônico com a utilização da plataforma Arduino e suas bibliotecas Amarino para realizar a transmissão *Bluetooth* e Arduino MeetAndroid para interpretação dos dados transmitidos do *tablet*. Também foi implementado uma ferramenta computacional que possibilita apresentar na tela de um *tablet,* utilizando comunicação *Bluetooth,* as medidas de força na região plantar de voluntários. Utilizando o equipamento foram determinadas as distribuições de força em 20 voluntários hígidos e em 10 com escoliose.

O trabalho visa contribuir com profissionais da saúde no diagnóstico de disfunções da coluna, como a escoliose, e no monitoramento do tratamento das doenças da coluna por meio da análise da distribuição de força na região plantar dos pés de pacientes.

Na Figura 1 é mostrado o diagrama de blocos do sistema de aquisição de dados via *Bluetooth*, transmissão e armazenamento de sinais. O sistema é constituído pelo baropodômetro, pelo circuito de condicionamento de sinais, por um circuito de aquisição de dados e interfaceamento, por um *tablet*, por um banco de dados e pelo aplicativo implementado.

Figura 1 – Diagrama de bloco do sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A dissertação foi organizada em seis capítulos.

No Capítulo 2, descreve-se os objetivos da pesquisa.

No Capítulo 3, são apresentados os fundamentos teóricos sobre o sistema operacional Android, suas camadas, e as ferramentas necessárias para implementação de aplicativos e conceitos introdutórios sobre a postura, a biomecânica da coluna vertebral, a escoliose e suas classificações.

No Capítulo 4, descreve-se os materiais e métodos utilizados na implementação dos circuitos de condicionamento de sinais, aquisição e interfaceamento do baropodômetro. Descreve-se também os protocolos e os testes realizados com os voluntários.

Os resultados obtidos e a discussão dos mesmos são apresentados no Capítulo 5.

No Capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões do trabalho e sugestões para realização de trabalhos futuros.

2 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é o desenvolvimento de um aplicativo para transmissão de informações de sensores via *Bluetooth* e a apresentação destas informações em um dispositivo móvel por meio de uma interface amigável.

Os objetivos específicos são:

a) Desenvolver um aplicativo na linguagem de programação orientada a objeto Java, para o sistema Android;

b) Implementar um sistema de transmissão de dados utilizando o protocolo *Bluetooth*, visando eliminar a utilização dos cabos serial e/ou USB (universal serial bus), com o intuito de tornar o sistema mais versátil e fácil de usar;

c) Medição da distribuição de forças na região plantar dos pés de voluntários hígidos e com escoliose.

3 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Inicialmente, será realizada uma síntese do sistema operacional Android, suas camadas e o conjunto de ferramentas necessárias para o desenvolvimento de aplicativos.

3.1 SISTEMA OPERACIONAL ANDROID

O sistema operacional Android é uma plataforma para dispositivos móveis baseado no sistema operacional Linux, que assim como o Android, possui código-fonte aberto e gratuito (LECHETA, 2010).

É mantido pela Google e por um grupo formado por empresas de tecnologia móvel, o *Open Handset Alliance* (OHA) (DEITEL et al., 2013).

3.1.1 Estrutura das camadas do Android

O Android é executado em uma máquina virtual sobre o núcleo do Linux, que fornece suporte para aplicações Java e são desenvolvidas com um conjunto de bibliotecas e serviços (PRADO, 2011). Sua estrutura é dividida em quatro camadas, ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Estrutura das camadas do Android.

Fonte: Martins, Ogliari e Brito (2014).

As quatro camadas, ilustradas na Figura 1, são:

- **Aplicações:** Nesta camada encontram-se as aplicações desenvolvidas em Java para o Android (PRADO, 2011).

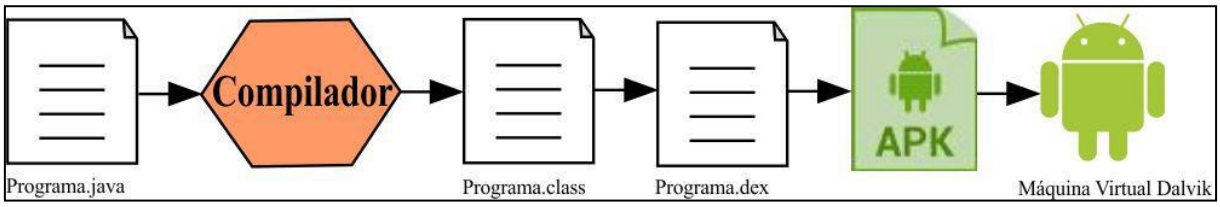
- ***Frameworks*:** Nesta camada realiza-se a interface com as aplicações Android e fornece um conjunto de bibliotecas para acessar os diversos recursos do dispositivo como interface gráfica, telefonia, serviço de localização (GPS), banco de dados persistente, armazenamento no cartão *Secure Digital* (SD) entre outros (MOBILEIN, 2010).

- **Bibliotecas:** Esta camada fornece as principais bibliotecas utilizadas pelo Android, como a OpenGl/ES que contém recursos gráficos e o SQLite para manipular e gerenciar banco de dados. Fornece também a Dalvik, que é uma *Java Virtual Machine* (JVM) para rodar o conteúdo Java (PRADO, 2011).

- **Núcleo do Linux:** Nesta camada utiliza-se a versão 2.6 do Linux para construir o núcleo (*kernel*) do Android, que contém os programas de gerenciamento de memória, as configurações de segurança, o *software* de gerenciamento de energia e vários drivers de *hardware* (STRICKLAND, 2009).

Na Figura 3 ilustra-se o processo de execução de um aplicativo Android. Inicialmente é realizada a compilação do arquivo Java para a extensão *.class.* Em seguida, uma ferramenta do *Software Development Kit* (SDK) Android chamada "*dx*" têm a função de converter o arquivo de extensão "*.class"* para a extensão "*.dex"*, sendo este capaz de rodar na máquina virtual *Dalvik*. Posteriormente todos os arquivos "*.dex"* são compactados em um único arquivo de extensão "*.apk"* que representa a versão final do aplicativo, pronto para ser instalado no *tablet* (BORGES et al., 2013).

Figura 3 – Processo de execução de um aplicativo Android.



Fonte: OPEN (2013).

3.2 DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVOS EM JAVA PARA ANDROID

A seguir serão descritos conceitos sobre orientação a objetos, a linguagem de programação Java e as ferramentas necessárias para o ambiente de desenvolvimento Android.

3.2.1 Linguagem de programação orientada a objetos Java

- Programação orientada a objetos

É um paradigma de programação que utiliza "objetos" e a interação entre eles para projetar aplicações e programas de computador. Possui suporte de herança e polimorfismo de classes e de seus atributos e métodos (DEITEL et al., 2010).

- Classe: modelo e características que define um objeto. É composta por atributos e métodos ou funções.

- Objeto: é a instanciação da classe que reserva um espaço na memória do dispositivo para armazenar e alterar os dados.

- Atributo: são como variáveis pertencentes à classe, que definem suas características como informações relacionadas a ela.

- Método: são semelhantes às funções e podem alterar o comportamento da classe.

- Herança: permite a criação de uma nova classe pela extensão de outra já existente.

- Polimorfismo: permite que um determinado método (função) possa produzir resultados diferentes quando aplicado a objetos pertencentes a classes diferentes.

- **Encapsulamento:** tem a função de ocultar detalhes internos da implementação.

3.2.2 Ambiente de desenvolvimento de software Eclipse

Para a implementação de aplicativos no sistema Android é necessário a utilização de um ambiente de desenvolvimento.

O Eclipse é um ambiente de desenvolvimento integrado - *Integrated Development Environment* (IDE) que foi desenvolvido pela empresa IBM (*International Business Machines*) (BITTAR et al., 2010).

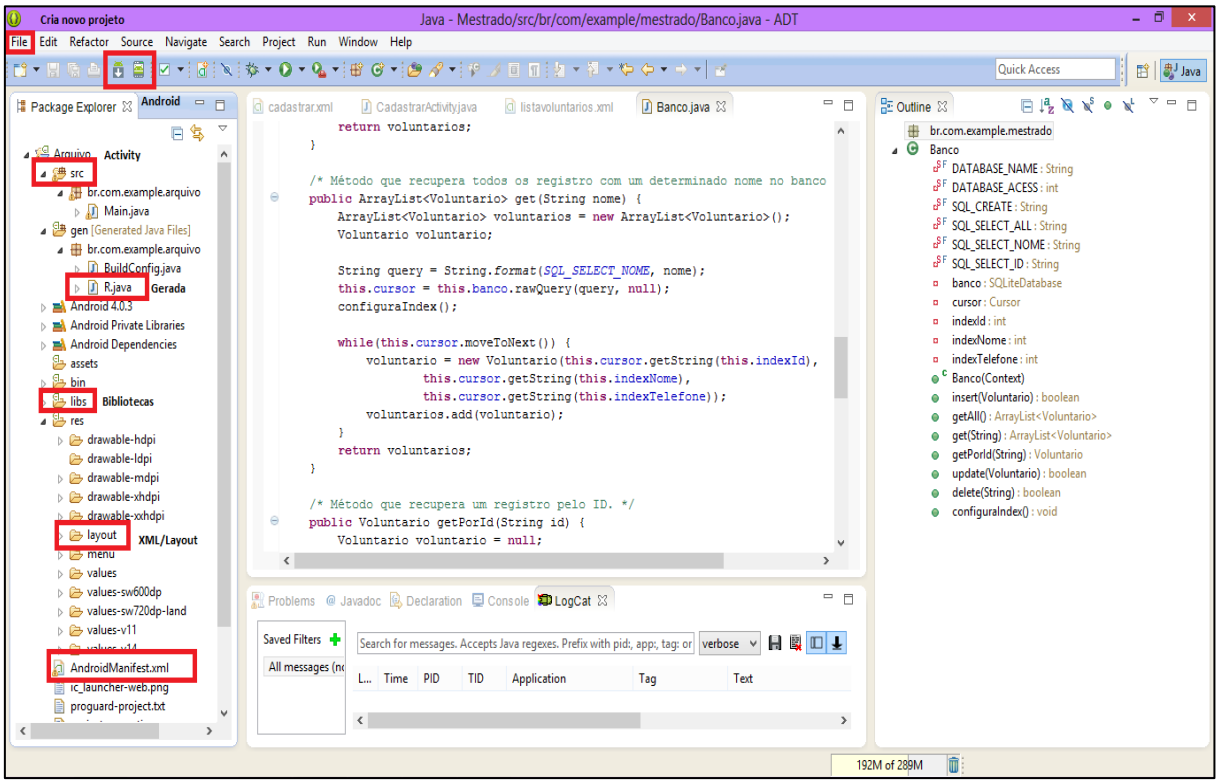
O Eclipse é formado por um conjunto de ferramentas denominado *Software Development Kit* (SDK), que incluem ferramentas de desenvolvimento de interface na

linguagem de marcação - *eXtensible Markup Language* (XML), os blocos básicos de uma aplicação Android, as estruturas dos diretórios, os tipos de arquivos Android, o arquivo "AndroidMainfest.xml", o banco de dados SQLite, um emulador capaz de realizar simulações de dispositivos móveis e uma biblioteca completa para a linguagem Java, com todas as classes necessárias para desenvolver as aplicações (BURNETTE, 2008).

O ambiente de desenvolvimento Eclipse pode ser visto na Figura 4. Os retângulos em vermelho destacados referem-se aos seguintes itens:

- A guia *File* para criação de novos projetos, os pacotes do Android para desenvolvimento de aplicativos;
- O diretório src (contém as classes . java);
- A classe R.java (gerada automaticamente);
- O diretório *libs* (contém as bibliotecas utilizadas pelo aplicativo);
- O diretório *layout* (contém as telas do aplicativo);
- O arquivo AndroidMainfets.xml (definido na seção 3.2.2.4 item 3).

Figura 4 – Ambiente de desenvolvimento do Eclipse na linguagem Java.



ECLIPSE.ORG (2013).

3.2.2.1 Interface visual em XML

O Android permite a criação da interface gráfica (tela) na linguagem de marcação XML, que possibilita a descrição de um determinado conteúdo independente do seu formato ou necessidades (DEITEL et al., 2003).

3.2.2.2 Blocos básicos de uma aplicação Android

A aplicação no sistema Android é dividida em quatro blocos de classes: *Activity, Intent Receiver, Service e Content Provider*, descritos a seguir:

Activity: esta classe tem a função de definir a existência da tela e controlar todas as ações realizadas pelo usuário, como tocar um botão (MEDNIEKS et al., 2012). É importante notar que todas as atividades (*activities*) devem estar definidas em AndroidManifest.xml para que seja possível inicializá-las.

Intent Receiver: a classe *Intent* representa uma operação de requisição da classe Activity, uma ação que a aplicação deseja fazer. Transmitem e apresentam informações entre as interfaces (LECHETA, 2010).

Service: utiliza-se a classe *Service* para executar um serviço em segundo plano, geralmente ligado a alguma ação que deve executar por tempo indefinido e tem um alto gasto de recursos, memória e processamento (LECHETA, 2010).

Content Provider: é a classe que permite as diversas aplicações no dispositivo compartilharem as informações (GARGENTA, 2011).

A aplicação não precisa implementar todos os blocos, mas provavelmente será uma combinação entre dois ou mais desses blocos.

3.2.2.3 Estrutura dos diretórios

Para organizar o aplicativo, ele é divido em diretórios (pastas). Estes diretórios são: res, gen, src, assets e bin, descritos a seguir (FREITAS, 2012):

Diretório de Recursos (res)

Estes são os diretórios de recursos dentro de uma aplicação Android. Todos os recursos da aplicação, tais como, textos, imagens, sons, vídeos devem obrigatoriamente estar dentro deste diretório "res" e em seus respectivos sub-diretórios.

Segue uma explicação detalhada de cada diretório:

1) res/drawable/:

Este diretório inclui todas as imagens de sua aplicação (imagens de tela, de botões, ícones).

2) res/layout/:

Este diretório contém todos os arquivos XML que representam o layout de uma tela.

3) res/values/:

Neste diretório estão inseridos todos os recursos relacionados a textos. Um arquivo com todos os textos da sua aplicação, por exemplo.

Diretório gen

No diretório *gen* encontram-se as classes geradas automaticamente pelo SDK do Android. Neste diretório, encontram-se classes que o Android usa internamente para executar o projeto. Por exemplo, a classe *R.java*, que é a classe onde são mapeadas as constantes de acesso aos recursos do aplicativo; a classe *BuildConfig.java*, que é a classe onde são definidas algumas configurações da construção do projeto. O conteúdo deste diretório é gerado automaticamente e não é possível realizar alterações.

Diretório src

O diretório *src* da estrutura do projeto é o local onde ficam todas as classes escritas em Java, ou seja, neste diretório se encontram os arquivos de código fonte *.java* e os pacotes que os organizam.

No momento da criação do projeto, é preciso configurar a propriedade *Package Name*, que representa o pacote padrão das classes *.java*. Durante todo o desenvolvimento do aplicativo deve-se seguir esta nomenclatura de pacote, sendo possível a criação de subpacotes dentro deste pacote principal, como forma de organizar melhor os projetos.

O diretório "assets"

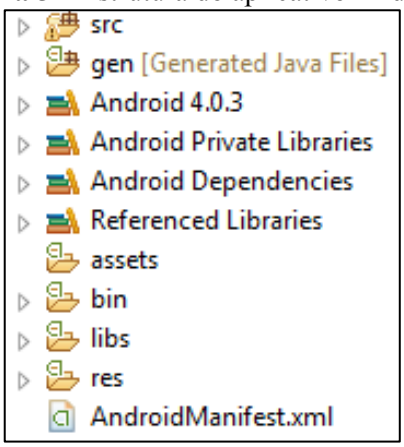
O diretório *assets* é utilizado para colocar recursos extras do aplicativo, como páginas html, arquivos de texto, fontes *TrueType*.

O diretório "bin"

No diretório *bin* ficam os arquivos gerados no momento da construção (*build*) do projeto, como o pacote .apk (pacote instalável do aplicativo no Android).

O desenvolvimento de aplicativo no Eclipse possui um projeto inicial pré-definido, contendo pastas organizadas com vários arquivos prontos para o funcionamento de um aplicativo Android (BORGES et al., 2013). Na Figura 5 mostra-se a organização dos arquivos.

Figura 5 – Estrutura do aplicativo Android.



Fonte: ECLIPSE.ORG (2013).

3.2.2.4 Tipos de arquivos Android

O Android possui os seguintes formatos de arquivos (FREITAS, 2012):

1) .dex

São os *bytecodes* das classes Java compiladas.

2) .apk

É a aplicação Android completa, finalizada, pronta para ser instalada em um dispositivo móvel. Semelhante a um arquivo JAR, contém todos os recursos, todos os

arquivos .dex e todos os arquivos de configuração e identificação necessários para instalação e execução da aplicação Android em um dispositivo móvel compatível.

3) O arquivo "AndroidManifest.xml"

O AndroidManifest.xml é um arquivo XML onde se encontra as configurações necessárias para a execução do aplicativo para Android e é neste arquivo que se configura os componentes da aplicação, como as *Activities*, os *Services*, os *Broadcast Receivers* e os *Content Providers*. Este arquivo é obrigatório e fica na raiz do projeto. No arquivo AndroidManifest.xml define-se informações importantes, como:

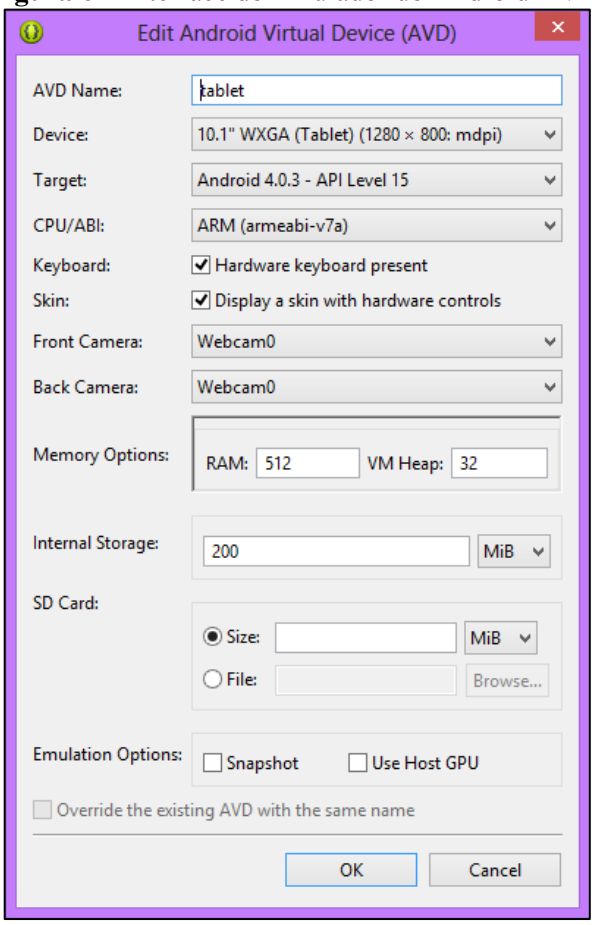
- O nome do pacote padrão do projeto;
- O nome das *Activities* usadas no aplicativo;
- A versão da Interface de Programação de Aplicativos - *Application Programming Interface* (API) do Android que o aplicativo irá suportar;
- A versão do próprio aplicativo.

Neste arquivo também se configura as permissões necessárias para executar o aplicativo no Android, como a permissão de utilização do *Bluetooth*.

3.2.2.5 O emulador do Android AVD

Para simular o aplicativo, antes de instalar no Android, faz-se necessário criar um ambiente simulado no computador. Esse ambiente utilizado para simulação do aplicativo é chamado de Android *Virtual Device* – Dispositivo Android Virtual (AVD). O AVD é onde se definem as características do dispositivo no qual se deseja realizar o teste, como por exemplo, o tamanho físico da tela e a versão do Android (DEITEL et al. 2013). Na Figura 6 é apresentada a interface do emulador do Android AVD.

Figura 6 – Interface do Emulador do Android AVD.



Fonte: ECLIPSE.ORG (2013).

3.3 A POSTURA E A COLUNA VERTEBRAL

Postura é a orientação dos diversos segmentos do corpo em relação um com os outros e em relação à gravidade, em condições estáticas e dinâmicas (DURIGON, 2003).

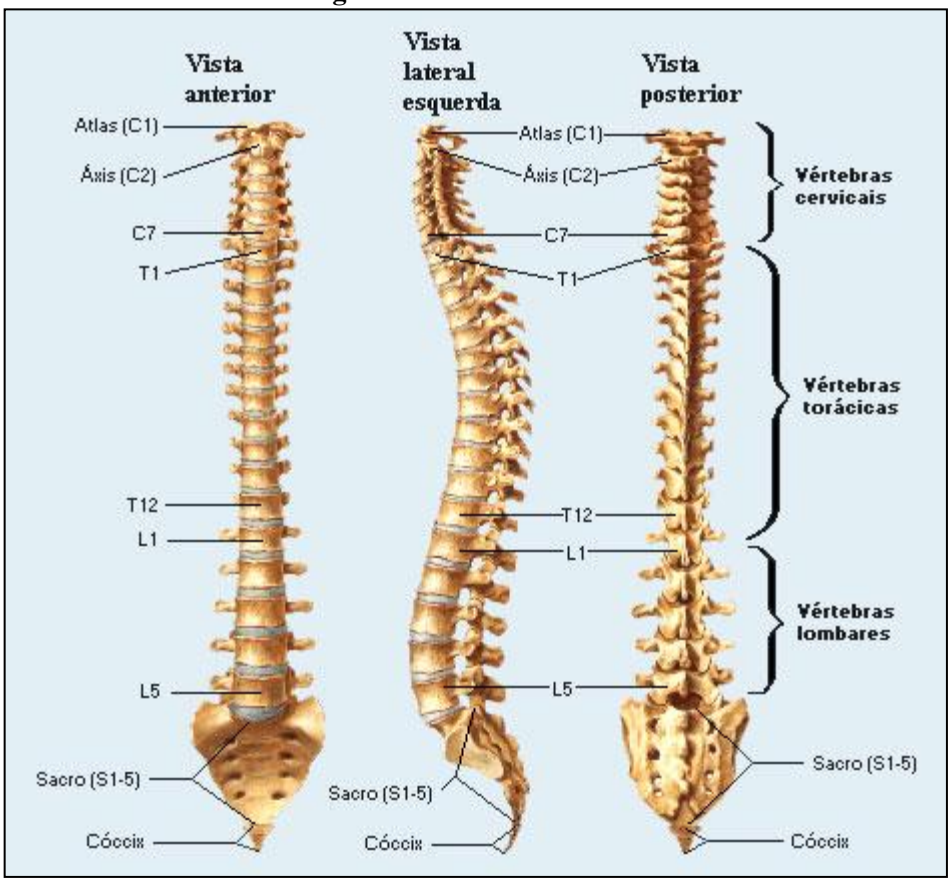
Orientação postural é a habilidade em manter uma relação apropriada entre os segmentos corporais e, entre o corpo e o meio, para realizar uma determinada atividade (DURIGON, 2003).

A postura correta, fundamental para o bem estar do ser humano, consiste num processo extremamente complexo que, para atingir o equilíbrio, exige de todos uma consciência integral de seu corpo, de seus limites e de sua localização correta no espaço (GAGEY; WEBER, 2000).

A Posturologia é o estudo do sistema postural, que possibilita o indivíduo se equilibrar e se situar no espaço e também de ter equilíbrio no movimento. Ela trata de um campo abrangente de patologias, sendo uma delas a escoliose (BRICOT, 2001).

A coluna vertebral é composta por 7 vértebras cervicais, 12 torácicas e 5 lombares, conectadas a vértebras sacrais fundidas que, por sua vez, são articuladas com vértebras coccígeas vestigiais (BRADFORD et al., 1994). Uma ilustração da coluna vertebral é apresentada na Figura 7.

Figura 7 – Coluna vertebral.



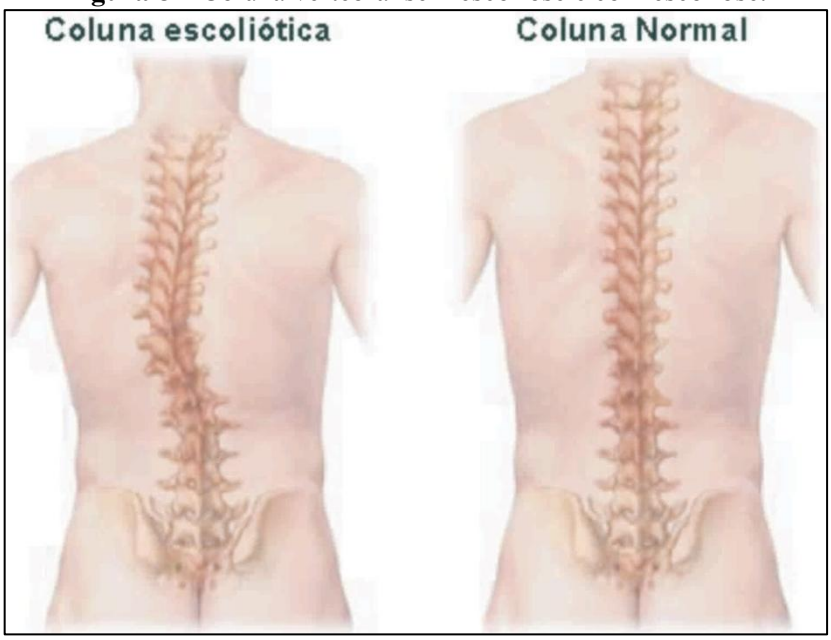
Fonte: Netter (2000).

3.4 ESCOLIOSE

A escoliose pode ser definida como uma curvatura lateral da coluna vertebral. A sua origem pode vir de uma paralisia, de doenças genéticas ou hereditárias ou de outras causas identificáveis, mas em 80% dos casos são idiopáticas, que são causadas durante os anos de crescimento (SCHROTH, 1992).

O prognóstico geral da escoliose depende de vários fatores, principalmente da idade de fixação da curva e da sua magnitude. A Figura 8 apresenta uma ilustração da coluna sem escoliose e com escoliose.

Figura 8 – Coluna vertebral sem escoliose e com escoliose.



Fonte: SaudeMedicina (2014).

A escoliose pode ser classificada segundo a localização, segundo a angulação e segundo a idade de aparição.

3.4.1 Classificação das escolioses segundo a localização

A escoliose pode ser classificada em torácica, lombar e tóraco-lombar (DURIGON, 2003).

Escoliose torácica

- 80% são torácicas direita.

Escoliose Lombar

- 80% são lombares esquerda.

Escoliose Tóraco-lombar

- 50% são tóraco-lombares direita e 50% são esquerda.

3.4.2 Classificação segundo a angulação

A escoliose possui quatro graus de angulação (RICARD, 1999).

Grau 1: angulação inferior a 20º

Grau 2: angulação de 20 a 30º

Grau 3: angulação de 31 a 50º

Grau 4: angulação acima de 51º

3.4.3 Classificação segundo a idade de aparição

A escoliose idiopática ocorre durante os anos de crescimento. É dividida em três categorias: infantil, juvenil e adolescente. Elas são qualificadas de acordo com a idade na qual a deformidade é visualizada pela primeira vez, e não essencialmente com o momento em que a curvatura da coluna surge pela primeira vez (BRADFORD et al., 1994; RICARD, 1999).

Escoliose infantil

Surge entre o nascimento e os três anos de idade. Geralmente desaparece espontaneamente, afeta mais meninos do que meninas, e com mais frequência tem convexidade torácica esquerda.

Escoliose juvenil

Ocorre entre quatro a dez anos de idade, em geral são dorsais de convexidade direita e muito flexível. Deve-se observar próximo da puberdade porque pode avançar muito rapidamente ao nível lombar e tóraco-lombar.

Escoliose do adolescente

Desenvolvem-se depois dos dez anos e antes da maturação óssea. É a forma mais frequente de escoliose, afeta as meninas em 80% dos casos. Podem progredir rapidamente entre os doze e os dezesseis anos.

Escoliose adulta

Inicia-se na infância e na adolescência, sendo que algumas curvaturas lombares podem surgir novamente por não terem sido tratadas anteriormente ou por desgastes na coluna.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, descreve-se o aplicativo implementado, o baropodômetro e os protocolos dos testes realizados com os pacientes.

4.1 O APLICATIVO IMPLEMENTADO

O aplicativo é composto por s*oftwares* livres, como o sistema operacional Android, o IDE Eclipse, a linguagem de programação orientada a objetos Java e o banco de dados SQLite.

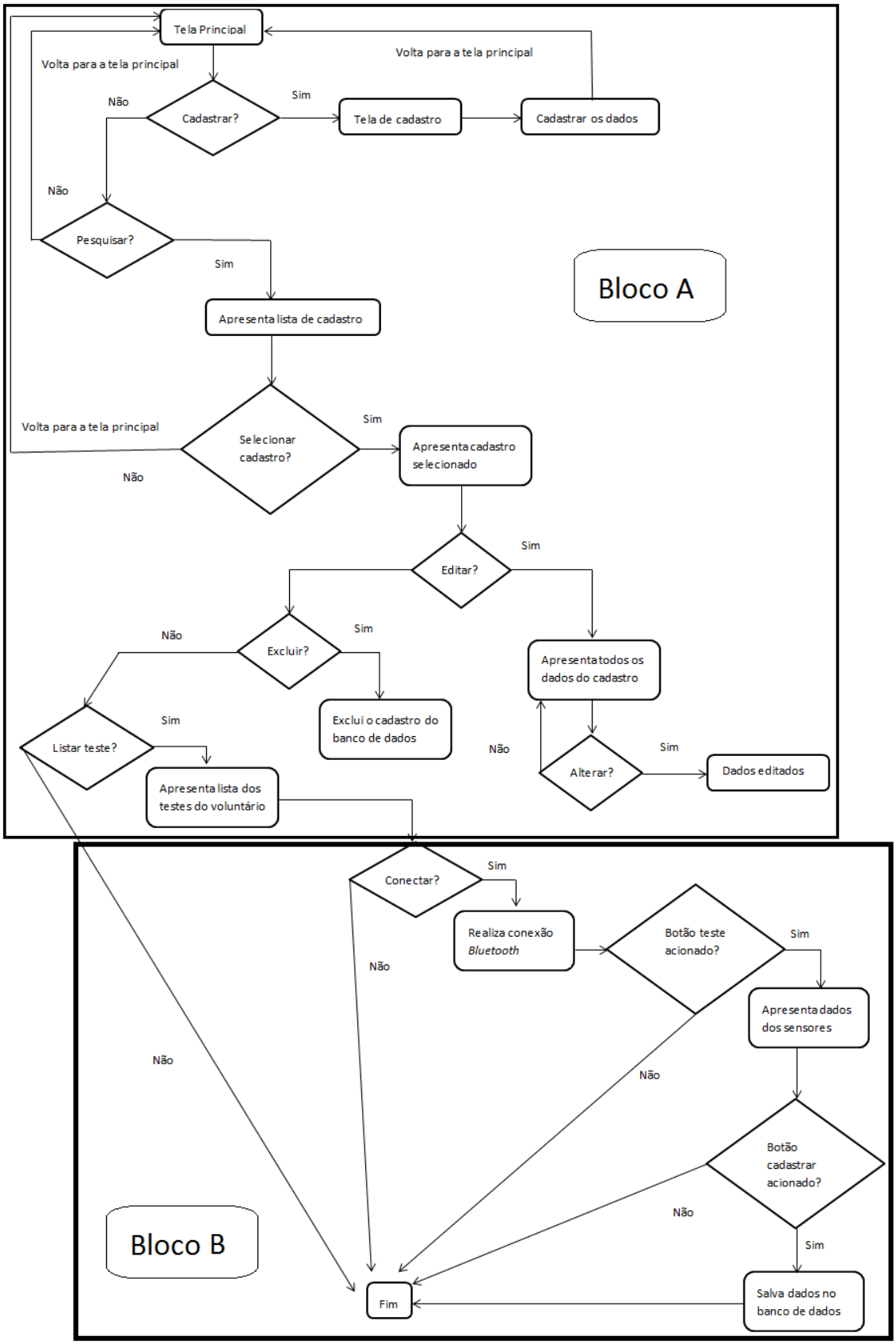
O dispositivo móvel utilizado para instalar o aplicativo implementado foi o *tablet* da Motorola XOOM, disponível no LIEB, do Departamento de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – SP, da UNESP.

Para aquisição dos sinais dos sensores e testes do aplicativo foi utilizado o baropodômetro implementado no laboratório mencionado.

4.1.1 Fluxograma do Aplicativo

Na Figura 9 apresenta-se o fluxograma das principais funções do aplicativo implementado. O Bloco A ilustra a parte de cadastro de voluntários e o Bloco B ilustra a parte de conexão *Bluetooth* e o armazenamento das informações oriundas dos testes.

Figura 9 – Fluxograma do aplicativo.

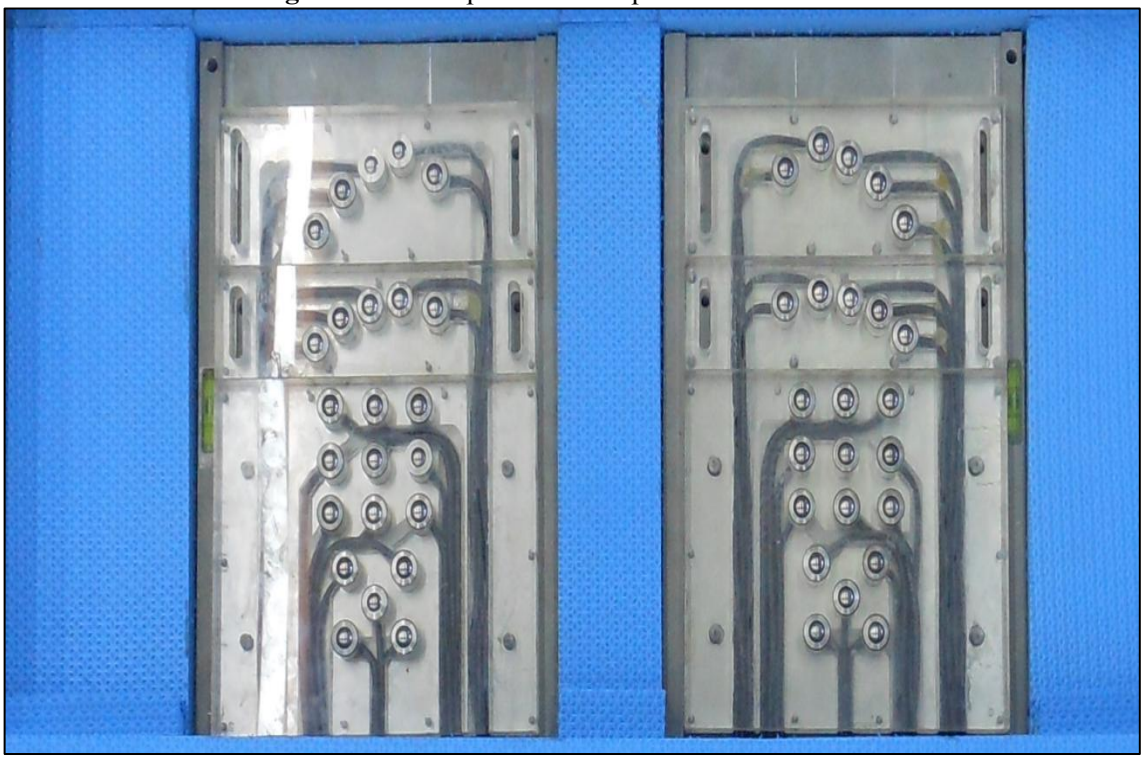


Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 O BAROPODÔMETRO

O baropodômetro utilizado foi implementado no LIEB (ESTREMOTE, 2010). Possui 48 células de carga, conforme se observa na Figura 10.

Figura 10 – Baropodômetro implementado no LIEB.



Fonte: Fonte Elaborada pelo autor.

É composto por quatro partes principais: placa superior, chapa intermediária, base e pés niveladores. Possui resistência mecânica suficiente para suportar um peso de 1000 N.

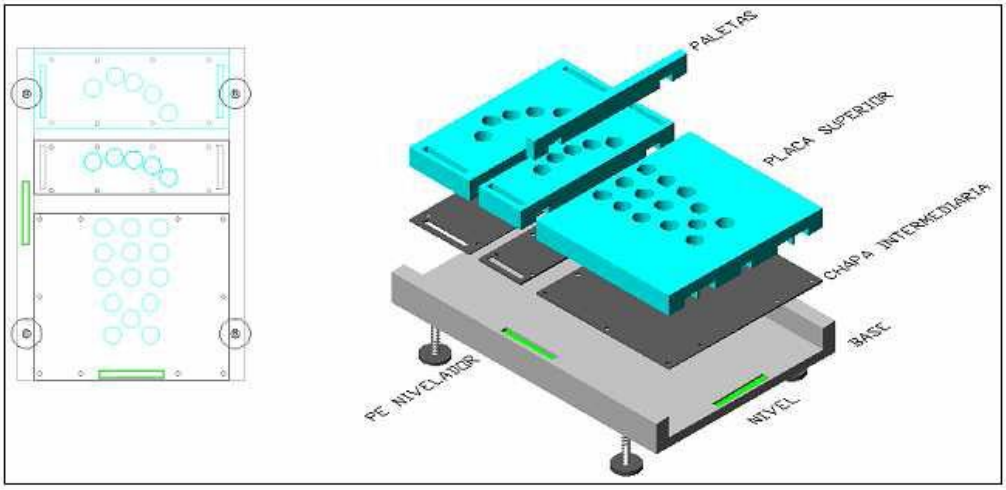
- Placa superior: construída em acrílico, foi divida em três blocos independentes, sendo dois móveis e um fixo. A parte fixa é responsável por captar a descarga de peso na parte posterior do pé, ou seja, calcâneo e médio pé. As placas móveis são responsáveis pela parte anterior do pé. Também permite ajustar de acordo com o tamanho do pé dapessoa.

- Chapa intermediária: é de aço inoxidável. Sua função é fixar e proteger as células de carga quando ocorre o movimento das placas superiores.

- Base: foi confeccionada em duralumínio.

-Pés niveladores: visa compensar alguma inclinação e/ou deformidades existentes no piso, onde são feitas as avaliações. Na Figura 11 é apresentada uma ilustração da vista superior e isométrica do baropodômetro e, na Figura 12, uma foto de uma das células de carga (FREITAS, 2008).

Figura 11 – Vista superior e isométrica do baropodômetro.



Fonte: Freitas (2008).

Figura 12 – Célula de carga.

Fonte: Freitas (2008).

As células de carga foram fabricadas em aço inox VC-150 (SAE 420) e instrumentadas com extensômetros metálicos do tipo diafragma, sendo compostas por três partes principais: o aplicador, o diafragma e a camisa (FREITAS, 2008):

- Aplicador: recebe a força exercida por pequenas áreas dos pés e transmite esta força para o diafragma. O aplicador é ilustrado na Figura 13.

Figura 13 – Aplicador de força.

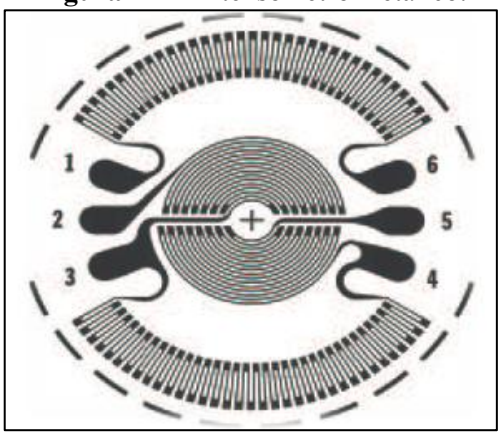
Fonte: Freitas (2008).

- Diafragma: é a parte mais importante da célula, pois suas dimensões influenciam diretamente a faixa de força que será medida com o dispositivo. A espessura do diafragma tem influência direta e significativa na faixa dinâmica das forças a serem medidas.

- Camisa: é o corpo da célula propriamente dito. Aloja o diafragma, guia o aplicador e protege os terminais de ligação do extensômetro.

O extensômetro utilizado foi do modelo EA-06-455JB-350, da *Vishay Measurements Group* (2007). Na Figura 14 mostra-se o seu desenho. A escolha do extensômetro levou em consideração o material onde o mesmo seria colado, a forma geométrica, o tamanho ativo da grelha e a resistência ôhmica. (FREITAS, 2008).

Figura 14 – Extensômetro metálico.



Fonte: Freitas (2008).

4.3 O SISTEMA DE CONDICIONAMENTO DE SINAIS

4.3.1 A utilização do PSoC e do Arduino

- **O PSoC**

O PSoC *(Programmable System on Chip)* é um dispositivo que utiliza a tecnologia *System on Chip.* Com ele é possível desenvolver aplicações versáteis, pois o mesmo integra

memórias FLASH e RAM com blocos analógicos e digitais, todos programáveis e interconectáveis.

O PSoC possui uma ampla variedade de módulos digitais e analógicos como memórias ROM, memórias RAM, UARTs, timers, PWMs, controlador de LCD, controlador de comunicação I2C, amplificadores operacionais, comparadores, filtros ativos e amplificadores de instrumentação.

O sistema de condicionamento de sinais foi implementado com o PSoC CY8C29466-24PXI.

A plataforma de desenvolvimento PSoC *Designer* 5.2 é o programa responsável pelo desenvolvimento gráfico do circuito interno do PSoC, definição de entradas e saídas, roteamento dos sinais internos e disposição dos módulos, além da programação do circuito integrado e parametrização para integração entre as diversas partes do sistema interno ao chip, em linguagem C.

- **O Arduino**

O Arduino é uma plataforma que utiliza o microcontrolador Atmel AVR e suporte embutido de entrada e saída, possuindo um conjunto de *softwares* para programá-lo. O *software* consiste de uma linguagem de programação padrão baseado na linguagem C (CAVALCANTE, 2011).

Há uma diversidade de placas Arduino no mercado, inclusive implementações nacionais (SOUZA, 2011), cada qual com características especificas, como velocidade (*clock*), memórias, pinos de entrada e saída, entre outras (REZENDE, 2010).

A placa utilizada nesta pesquisa é a Arduino UNO e suas principais características são o uso do microcontrolador ATmega328, tensão de operação de 5V, 14 pinos de entrada/saída digital, 6 pinos de entrada/saída analógicos, 32 KB de memória flash, 2 KB de SRAM, 1 KB de EEPROM e velocidade de *clock* de 16 MHz (ARDUINO, 2014).

Decidiu-se utilizar a plataforma Arduino, devido a sua versatilidade e baixo custo (CARMO, 2005) e também por fornecer bibliotecas de comunicação *Bluetooth*, como o Amarino (aplicativo para testar a comunicação *Bluetooth*) e o Arduino MeetAndroid para interpretar as informações enviadas pelo aplicativo implementado e instalado no dispositivo móvel (AMARINO, 2014).

4.3.1.1 O Arduino Mestre

Utilizou-se um Arduino mestre, que se comunica com seis PSoCs escravos por meio do protocolo de comunicação I2C. Cada PSoC foi utilizado para condicionar o sinal de oito células de carga. Cada plataforma de força possui vinte e quatro células de carga. O equipamento é constituído por duas plataformas de força, portanto, fez-se necessário a utilização de um Arduino mestre para controlar os PSoCs escravos.

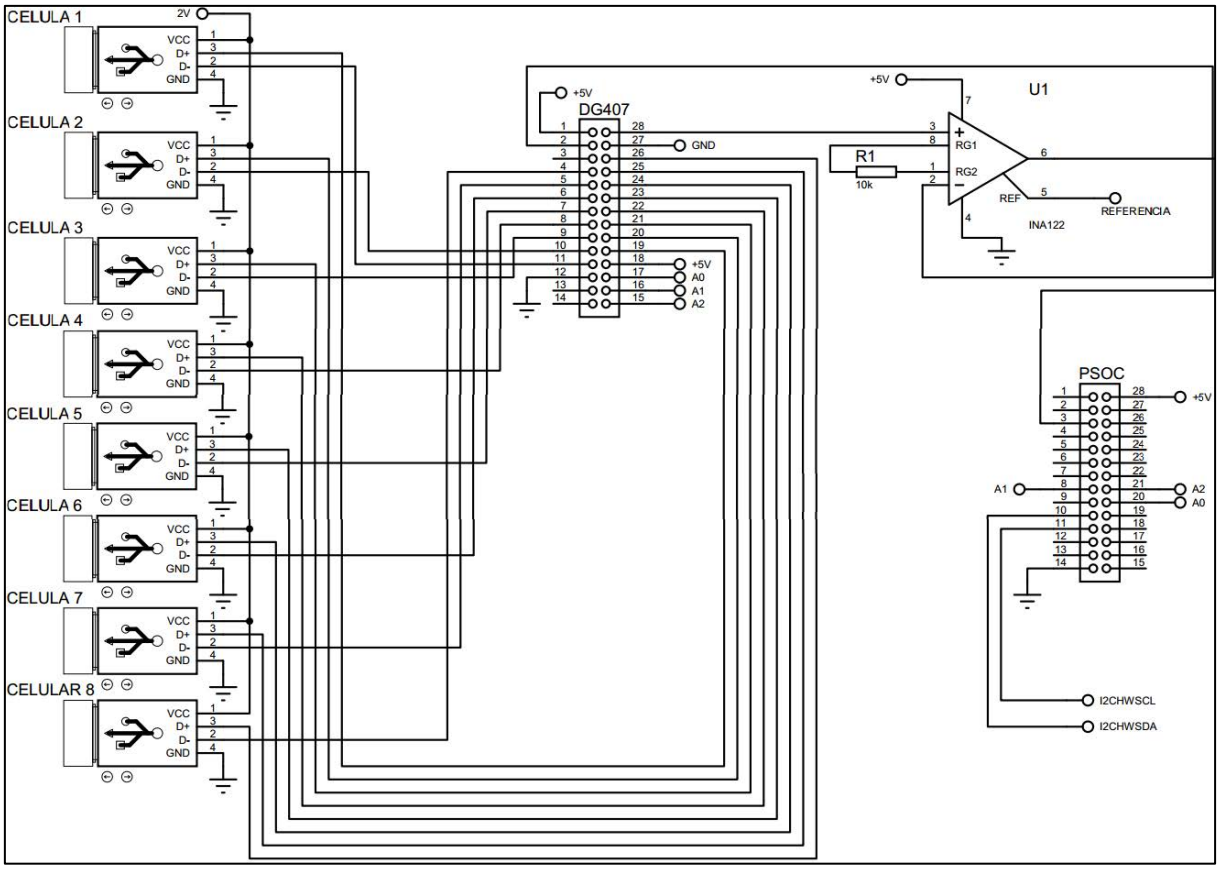
A programação do Arduino mestre foi para receber os dados lidos pelos vários escravos e transmitir, via *Bluetooth*, pelo conversor serial/*Bluetooth* da Zuchi, para um *tablet*.

4.3.1.2 Os PSoCs Escravos

Os seis PSoCs escravos e o sistema de condicionamento de sinal têm como função adquirir, amplificar e transmitir os dados amostrados de cada uma das oitos células de carga para o PSoC mestre, através do protocolo de comunicação I2C. Cada PSoC escravo comanda, através do seu porto 2, os bits de endereçamento do multiplexador DG407. A cada mudança de endereço, o PSoC realiza a leitura e conversão do sinal da célula de carga selecionada, amplificado pelo amplificador de instrumentação INA122P. Dessa forma, utiliza-se apenas um amplificador de instrumentação para cada 8 células de carga.

O circuito do PSoC escravo é apresentado na Figura 15.

Figura 15 – Circuito do PSoC escravo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3.2 O Amplificador de Instrumentação INA122P

Os sinais produzidos pelas células de carga possuem amplitudes da ordem de poucos milivolts e são amplificados com o amplificador de instrumentação INA122P.

O INA122P possibilita que o circuito opere com uma fonte assimétrica de tensão de 5V, simplificando a estrutura física do circuito. Ele minimiza os ruídos e interferências, devido à sua alta taxa de rejeição de modo comum (CMRR) de 96dB. O ganho do amplificador é ajustado por meio de resistores externos.

O sinal de saída do INA122P é enviado para a entrada do módulo PGA do PSoC, que multiplica o sinal por aproximadamente 1,4. O conversor analógico-digital do PSOC (ADCINC) recebe o sinal e o digitaliza em uma variável inteira. Dessa forma, o PSoC recebe o dado do tipo *integer* e o multiplica pela resolução do ADCINC, que para o caso de 11 *bits*, é de 2,44 mV. O resultado da amplificação é um dado do tipo *float*. O PSoC escravo converte o resultado para um dado do tipo *string* o qual pode ser transmitido via I2C para o Arduino mestre e este por sua vez transmite o pacote de dados por *Bluetooth* para o *tablet*.

Para não ser necessário ligar um amplificador de instrumentação para cada célula de carga, deve-se conectar um INA122P na saída diferencial do multiplexador DG407.

4.3.3 O Multiplexador DG407

O multiplexador possui a capacidade de oito entradas diferenciais e uma saída diferencial. Portanto, oito células de carga podem ser conectadas a ele.

Cada multiplexador DG407 é comandado por um PSoC escravo.

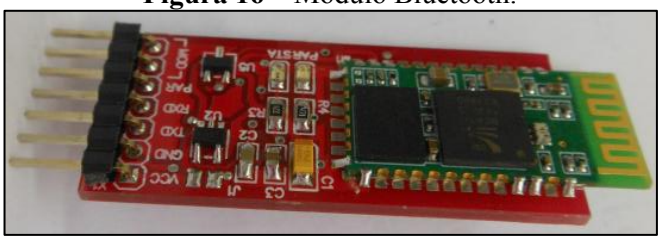
4.4 O SISTEMA DE AQUISIÇÃO E INTERFACEAMENTO

4.4.1 O Módulo Bluetooth

O Arduino não possui módulo *Bluetooth* embutido, portanto, para a realização da interface Arduino-*Bluetooth* foi necessário um módulo externo. Muitos fabricantes oferecem tais módulos, e para o trabalho foi escolhido o módulo da Zuchi com a comunicação serial UART pelo fato de sua utilização ser simples e ter baixo custo.

Uma foto do módulo *Bluetooth* da Zuchi ZT-05 é apresentada na Figura 16.

Figura 16 – Módulo Bluetooth.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.2 O Protocolo de Comunicação I2C

O protocolo de comunicação I2C possibilita utilizar vários componentes padronizados, que realizam diversas funções, e também permite trocar informações precisas entre eles.

A principal vantagem do I2C é que ela permite a utilização de componentes de tecnologias diferentes, de forma a evitar erros durante a comunicação.

No protocolo I2C, a transmissão da informação entre os dispositivos é feita através de 2 fios: *Serial Data SDA* e *Serial Clock SCL*.

Cada dispositivo ligado em I2C recebe um endereço fixo e pode-se configurá-lo para receber ou transmitir dados. Esses dispositivos geralmente são nomeados mestre e escravo.

4.5 O CIRCUITO DE ALIMENTAÇÃO

Nessa pesquisa, utilizou-se vários dispositivos, cada qual alimentado com uma tensão de alimentação.

O circuito de alimentação implementado é constituído por circuitos integrados (CIs) reguladores de tensão, pelo LM317, LM705 e por potenciômetros.

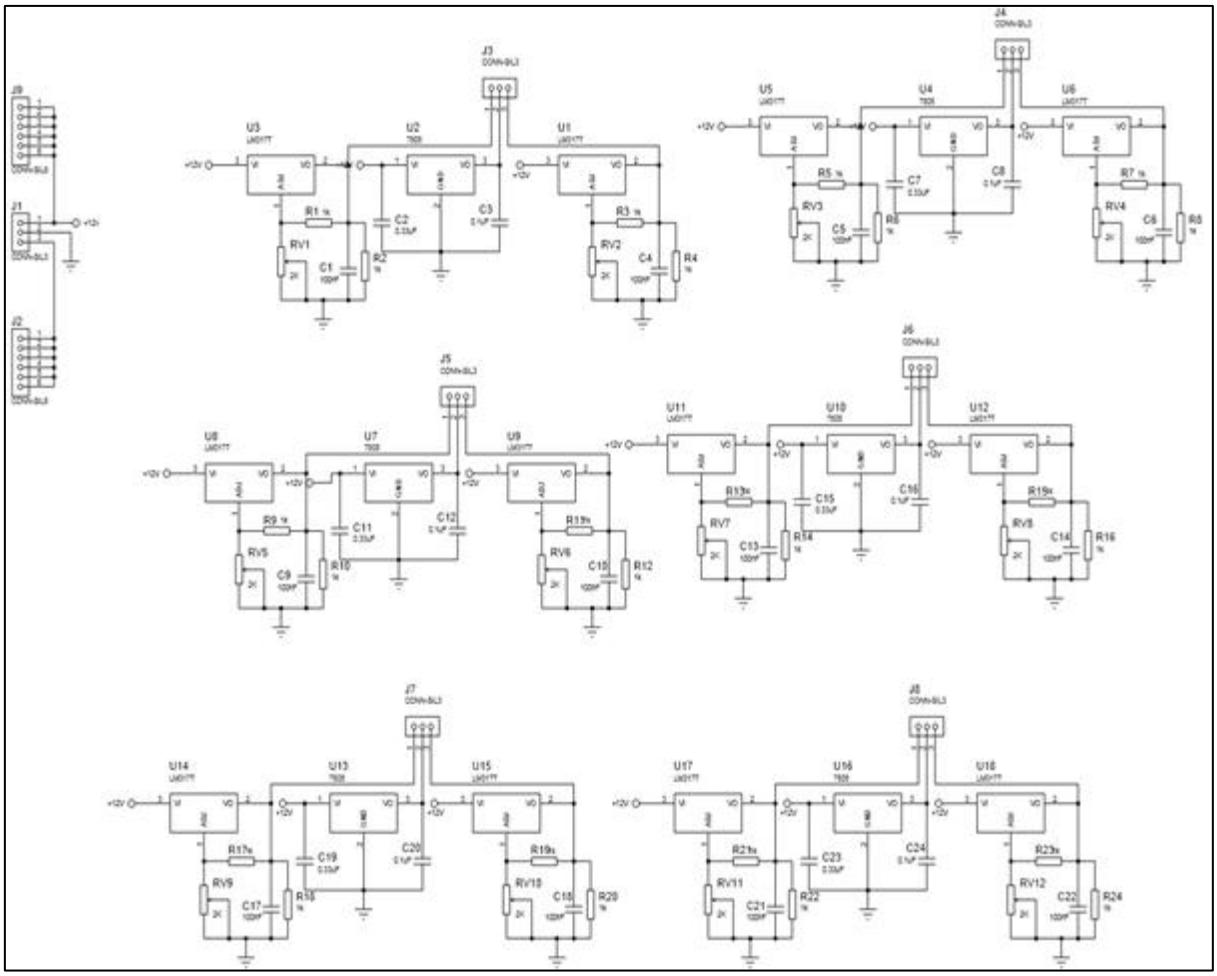
O LM317 regula a tensão das células de carga da plataforma de força para 2V.

O LM705 regula a tensão do amplificador de instrumentação INA122P, do multiplexador DG407, do PSoC e do Arduino para 5V.

Potenciômetros, no circuito de alimentação, ajustam tensões de *offset*, de forma que as amplitudes dos sinais elétricos produzidas pelas células de carga sejam próximas a 0 V quando as células não estão sendo submetidas a esforços mecânicos.

Uma foto da placa de circuito impresso com o circuito de alimentação é mostrada na Figura 17.

Figura 17 – Placa de circuito impresso com o circuito de alimentação.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.6 A CALIBRAÇÃO DO SISTEMA ELETRÔNICO

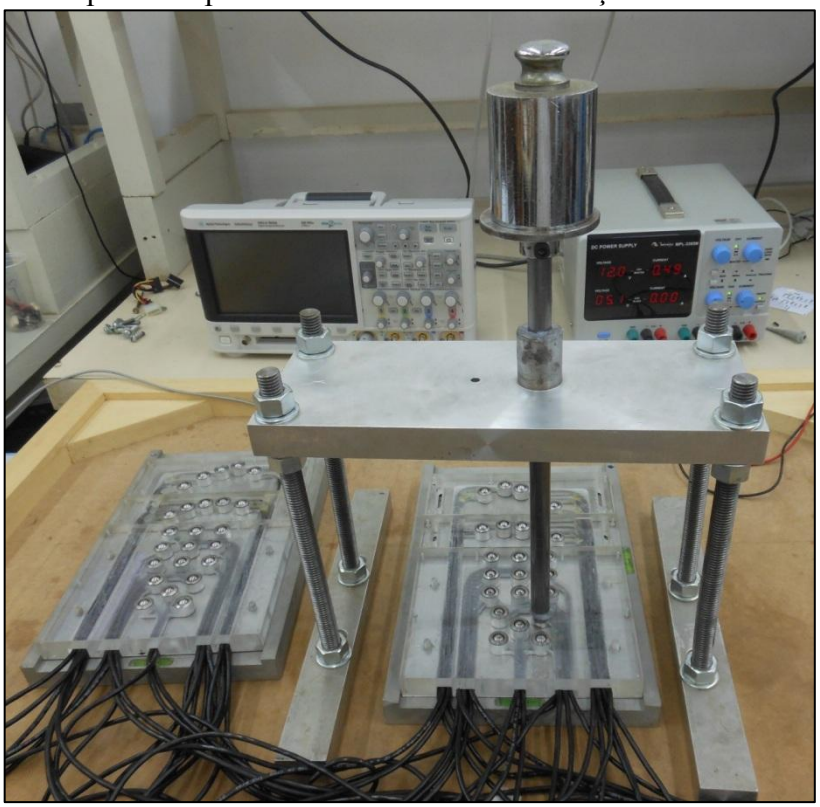
Na Figura 18 mostra-se uma foto do aparato experimental utilizado para realizar a calibração do sistema eletrônico.

Cada uma das 48 células de carga foi calibrada utilizando o sistema de aquisição de dados, o sistema de condicionamento de sinais, o aplicativo desenvolvido, a transmissão *Bluetooth* e pesos conhecidos.

Os pesos utilizados foram medidos por uma balança de precisão, modelo AS5500C, com carga máxima de 5 kg. Foram inseridos sequencialmente em ordem crescente (carregamento) pesos correspondentes a massas de 0,5 kg, 1 kg, 1,5 kg, 2 kg, 2,5 kg, 3 kg, 3,5 kg, 4 kg, 4,5 kg e 5 kg. Realizaram-se cinco experimentos de carregamento para cada célula de carga.

A curva de calibração de cada célula de carga foi obtida pela média aritmética das medidas obtidas nos 5 carregamentos.

Figura 18 – Aparato experimental utilizado na calibração do sistema eletrônico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.7 PROTOCOLOS DOS TESTES

A realização dos testes com voluntários do projeto de pesquisa intitulado "Aplicativo Android para aquisição de dados de um baropodômetro via *Bluetooth* para apoio na análise de escoliose" foi autorizada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Ciência e Tecnologia da UNESP, Campus de Presidente Prudente, sob o número 27/2011.

Foram elaborados 4 protocolos, de seleção dos voluntários, de cadastro de voluntário, de procedimento de testes e de análise dos dados.

4.7.1 Protocolo de seleção dos voluntários

Critério de inclusão de voluntários hígidos: Pessoas do sexo masculino e feminino. Os voluntários deviam calçar entre 36 e 41.

Critério de inclusão de voluntários com escoliose: Pessoas do sexo masculino e feminino com escoliose. Os voluntários deviam calçar entre 36 e 41 e ter a radiografia com o laudo.

Após a seleção, os voluntários foram esclarecidos a respeito do objetivo da pesquisa e sobre o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (ANEXO A).

O Termo de Consentimento Livre e Esclarecido é um documento que apresenta todas as informações do projeto. Para participar da pesquisa, o voluntário, estando esclarecido e ciente do procedimento, devia assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, concordando com os termos.

Deve-se ressaltar que, conforme descrito no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, o voluntário podia interromper os testes a qualquer momento.

4.7.2 Protocolo de cadastro de voluntário

O voluntário informou seus dados pessoais visando identificação: nome completo, CPF, endereço, telefone, celular, cidade, e-mail, sexo, peso, grau da escoliose se for existente, lado (direito ou esquerdo) e localização.

4.7.3 Protocolo de procedimento nas medições

O voluntário permaneceu em posição ortostática sobre a plataforma, em posição confortável, mantendo o olhar fixo ao nível do horizonte em um ponto marcado na parede, situado na altura dos olhos, mantendo-se assim, o eixo de equilíbrio estático. Foi solicitado ao voluntário para não realizar nenhum movimento e nem conversar durante o intervalo de tempo em que os dados foram coletados. Foram realizados cinco testes para cada voluntário. Para cada teste foi solicitado que o voluntário afastar-se e voltasse para a plataforma cinco vezes e a aquisição dos dados era realizada quando o voluntário estivesse em posição confortável.

4.7.4 Protocolo de análise dos dados

Analisaram-se as medidas de descarga de peso na região plantar de vinte voluntários hígidos e dez com escoliose, de ambos os sexos.

Para os voluntários com escoliose também se avaliou, com a colaboração de um profissional da saúde, a radiografia e os laudos, para se determinar o grau, o lado e a localização da escoliose.

4.7.4.1 Medições com voluntários hígidos

1) Análise subjetiva

Foram avaliados 8 voluntários do sexo feminino e 12 do sexo masculino, com pesos entre 43 kg e 98 kg e idades entre 14 e 42 anos.

2) Análise objetiva

As medições de descarga de peso foram feitas com 48 células de carga, devidamente posicionadas, 24 para cada região plantar do pé do paciente. Para cada voluntário foram realizadas 5 medições, e o resultado considerado foi a média das 5 medidas. Com as medidas obtidas, determinou-se os percentuais de descarga de peso em cada célula de carga e nas regiões plantares do antepé, do mediopé e do retropé.

4.7.4.2 Análise dos testes com voluntários com escoliose

1) Análise subjetiva

Foram avaliados 6 voluntários do sexo feminino e 4 do sexo masculino, com pesos entre 43 kg e 75 kg e idades entre 11 e 63 anos.

Os voluntários com escoliose avaliados possuíam grau de comprometimento leve e moderado (12º a 25º), sendo alguns com pequena presença de padrão, pois já realizavam, há alguns anos, sessões de fisioterapia, hidroterapia, hidroginástica e Pilates.

2) Análise objetiva

Foi realizada de forma idêntica à realizada com os voluntários hígidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo serão descritas as principais interfaces do aplicativo implementado e suas funções. Serão também apresentados os resultados da caracterização do sistema eletrônico e apresentadas e discutidas as medidas de descarga de peso na região plantar de pacientes hígidos e com escoliose.

5.1 APRESENTAÇÃO DAS PRINCIPAIS INTERFACES DO APLICATIVO

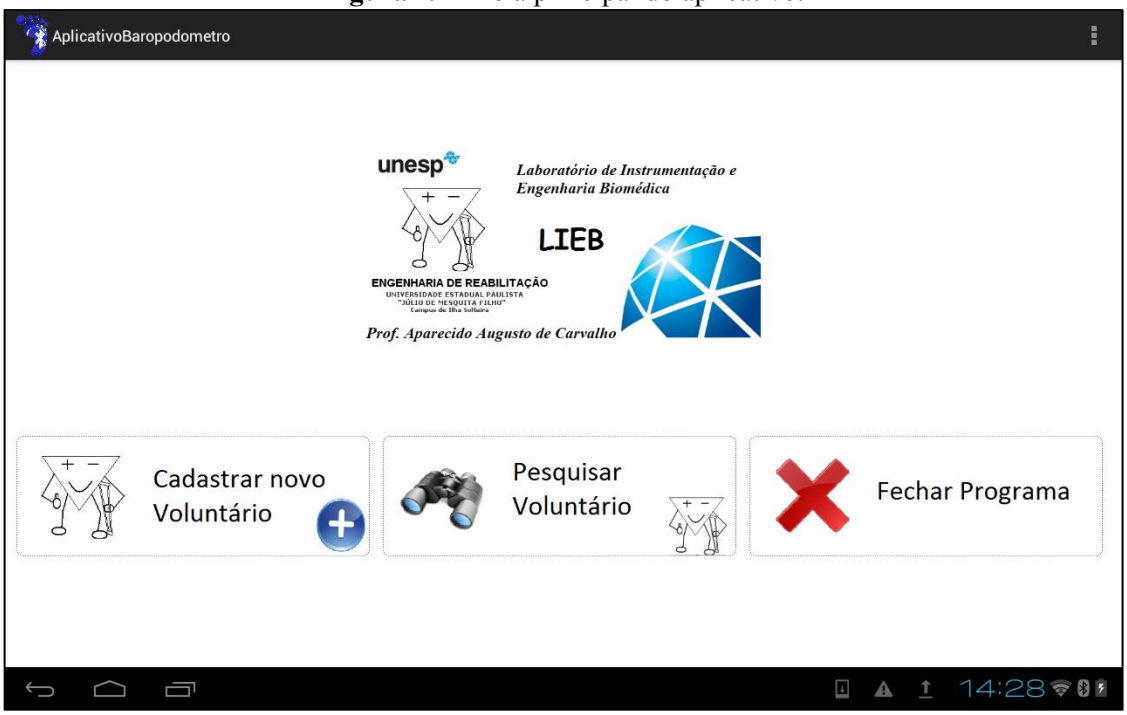
O aplicativo contém as seguintes funções:

- Cadastro de dados dos voluntários;
- Aquisição dos dados dos sensores do baropodômetro via *Bluetooth*;
- Armazenamento de dados em um banco de dados SQLite;
- Apresentação dos dados na tela do *tablet*.

A seguir, serão apresentadas as telas, em XML, do aplicativo desenvolvido e suas respectivas classes *Activities.* Cada tela em XML possui uma classe *Activity* para realizar as tarefas referentes à tela, como as ações dos botões e cálculos.

Na Figura 19 é apresentada a tela principal do aplicativo. Essa tela disponibiliza ao usuário acesso à tela de cadastro e de pesquisa de voluntários, através de ícones, e também possibilita fechar o aplicativo. Os ícones da tela principal são programados através da classe *PrincipalActivity*, que define todos os componentes utilizados para construir a tela em XML, como a definição da imagem logotipo e os ícones, sempre os referenciando através de seus nomes.

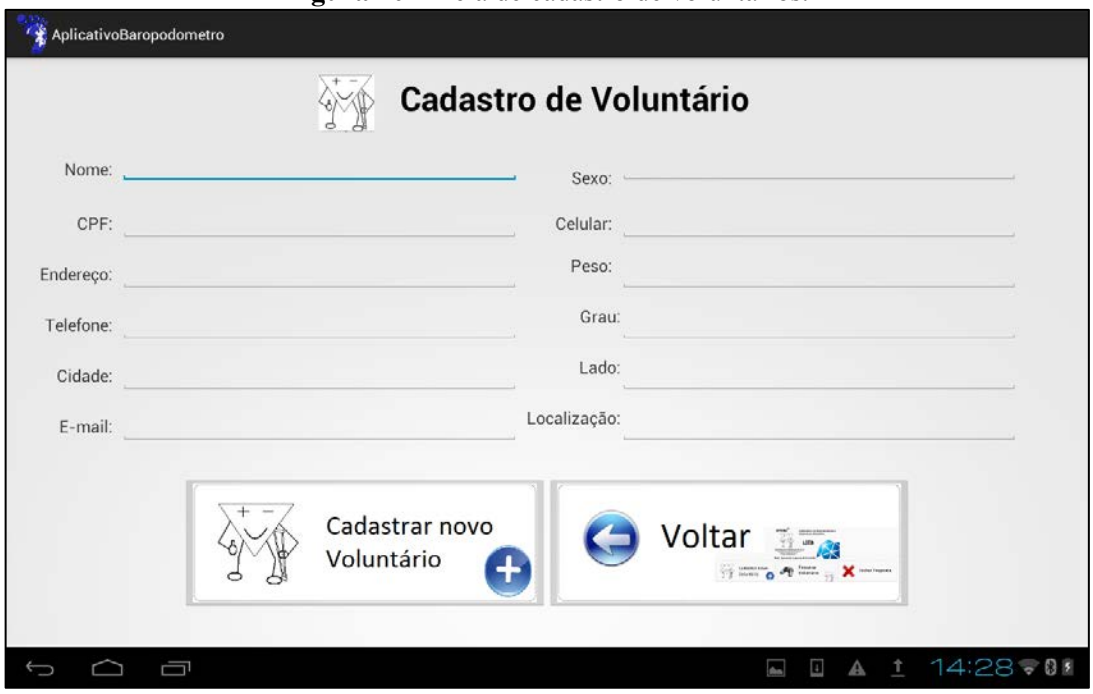
Figura 19 – Tela principal do aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tela de cadastro de voluntários é apresentada na Figura 20. Nesta tela, o usuário deve informar todos os dados de identificação do voluntário. A tela de cadastro foi programada através da classe *CadastrarActivity*, que define a imagem do logotipo do LIEB, as editText (nome, CPF, RG, endereço, cidade, telefone, celular, e-mail, peso, sexo, grau, localização (torácica, lombar e toráco-lombar) e lado (direito e esquerdo)) e também as ações dos ícones cadastrar e voltar.

Figura 20 – Tela de cadastro de voluntários.



Fonte: Elaborado pelo autor.

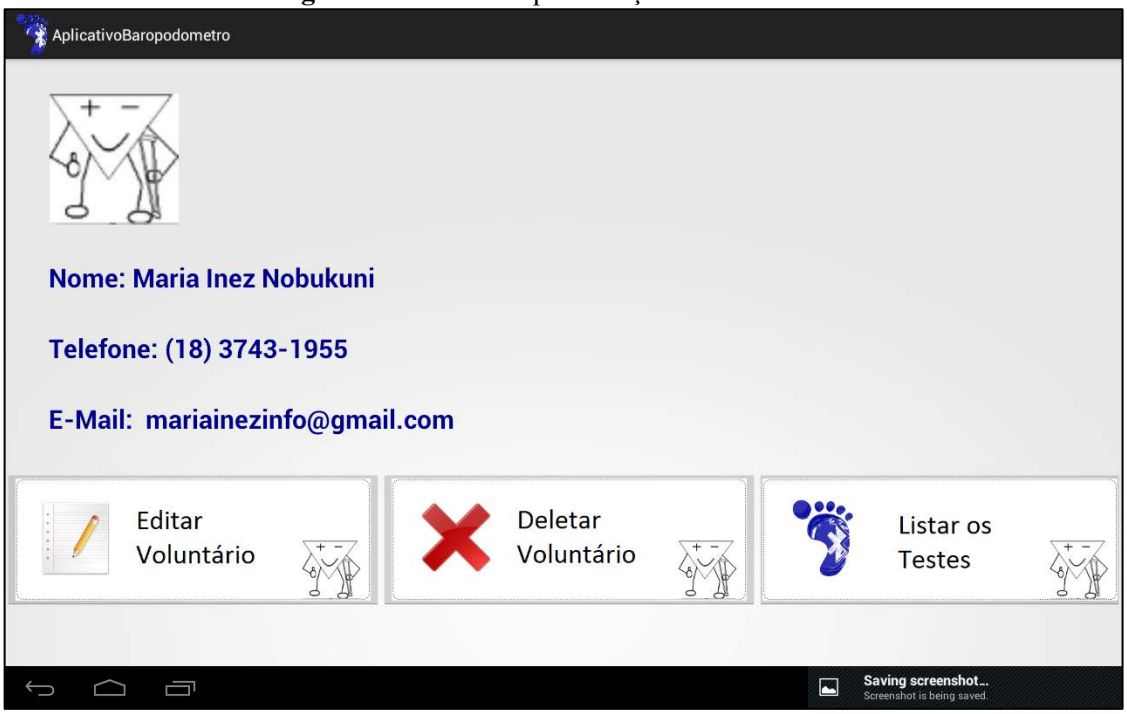
Na Figura 21, mostra-se a tela de pesquisa de voluntários. Nesta tela são listados todos os voluntários cadastrados no banco de dados do aplicativo. Na lista é apresentado o nome e o telefone do voluntário. Para acessar mais dados do voluntário é necessário selecionar o voluntário desejado. A tela de pesquisa de voluntário foi programada na classe ListaVoluntariosActivity, que define a imagem do logotipo do laboratório, o botão voltar e a *listView*. A *listView* realiza uma conexão com o banco de dados para buscar e listar os voluntários cadastrados.

A tela de apresentação de dados é acionada quando o usuário seleciona um voluntário da lista. Essa tela foi programada pela classe *ApresentaVoluntariosActivity*, que define o logotipo do LIEB e apresenta o nome, telefone e o e-mail do voluntário selecionado. Para obter dados mais detalhados é preciso acessar a tela de edição através do ícone “Editar Voluntário”. Essa tela também permite excluir o voluntário selecionado e listar os testes desse voluntário. Na Figura 22 é mostrada a tela de apresentação de dados do voluntário.

Figura 21 – Tela de pesquisa de voluntários.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 – Tela de apresentação de voluntários.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tela de listar os testes é apresentada na Figura 23. Essa tela é programada pela classe

ListarTestesActivity, que define o logotipo do LIEB e apresenta o voluntário que possui os testes listados em uma *listView* de acordo com a data do teste que foi realizado. Também define o ícone “Realizar Teste” e aciona a tela de recepção dos sinais.

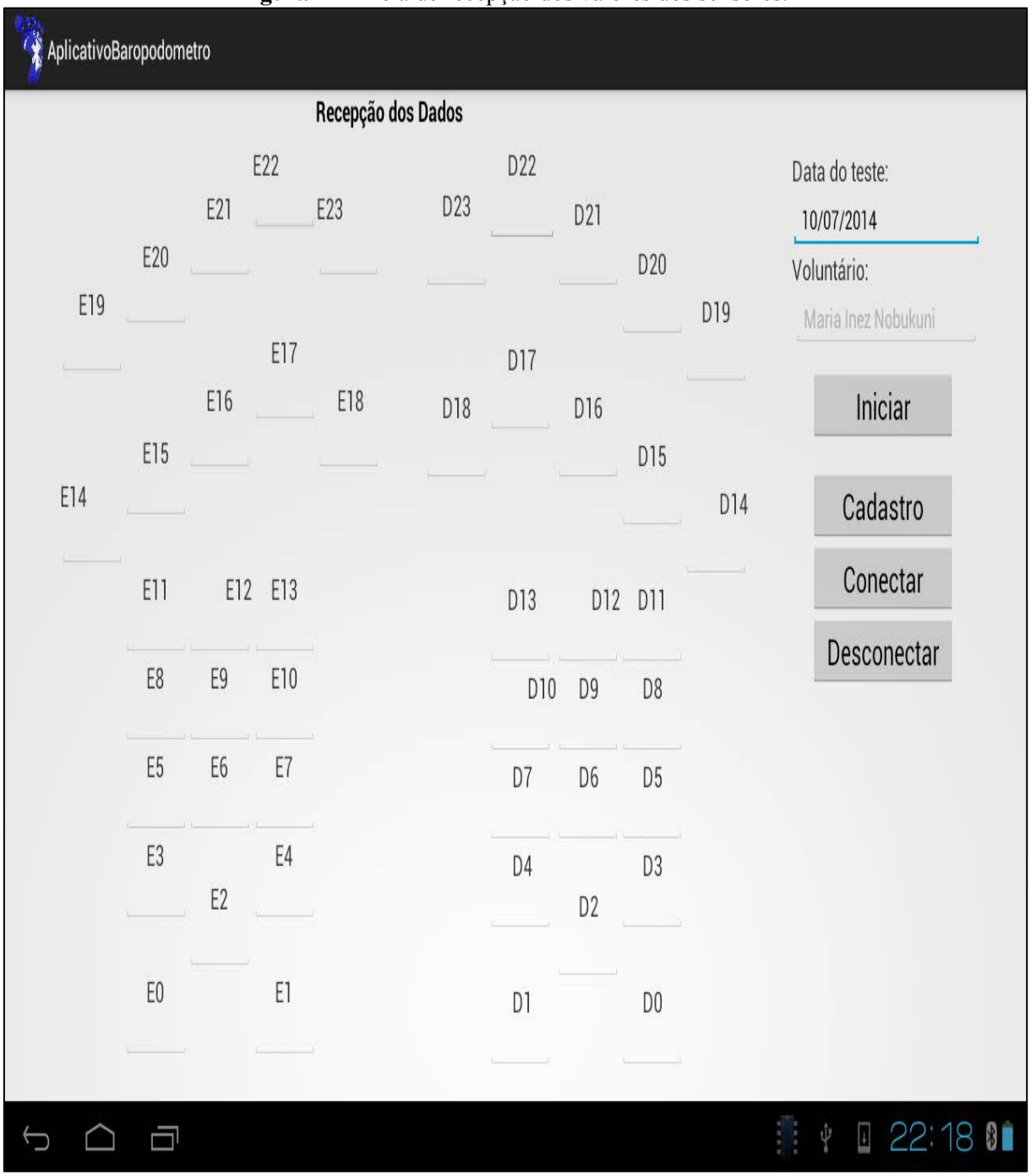
Figura 23 – Tela de lista dos testes do voluntário.

Fonte: Elaborado pelo autor.

A partir do momento em que essa tela é ativada, realiza-se a conexão/emparelhamento com o módulo conversor serial/*Bluetooth*. Também permite selecionar os testes listados para visualização.

A tela Recepção dos Dados é ilustrada na Figura 24. Essa tela foi programada com a classe *RecepcaoActivity*, que recebe os sinais do baropodômetro em quilograma força (kgf). Além de realizar a conexão *Bluetooth* e a recepção dos sinais, essa tela permite inserir a data do teste e também apresenta o voluntário que realizou o teste.

Figura 24 – Tela de recepção dos valores dos sensores.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O aplicativo possibilita que sejam armazenados os testes de cada voluntário no banco de dados. Os dados dos testes são armazenados quando o ícone “Cadastro” é acionado. Esses dados armazenados podem ser acessados a qualquer momento pelo usuário.

A tela de apresentação dos resultados das medições armazenadas é apresentada na

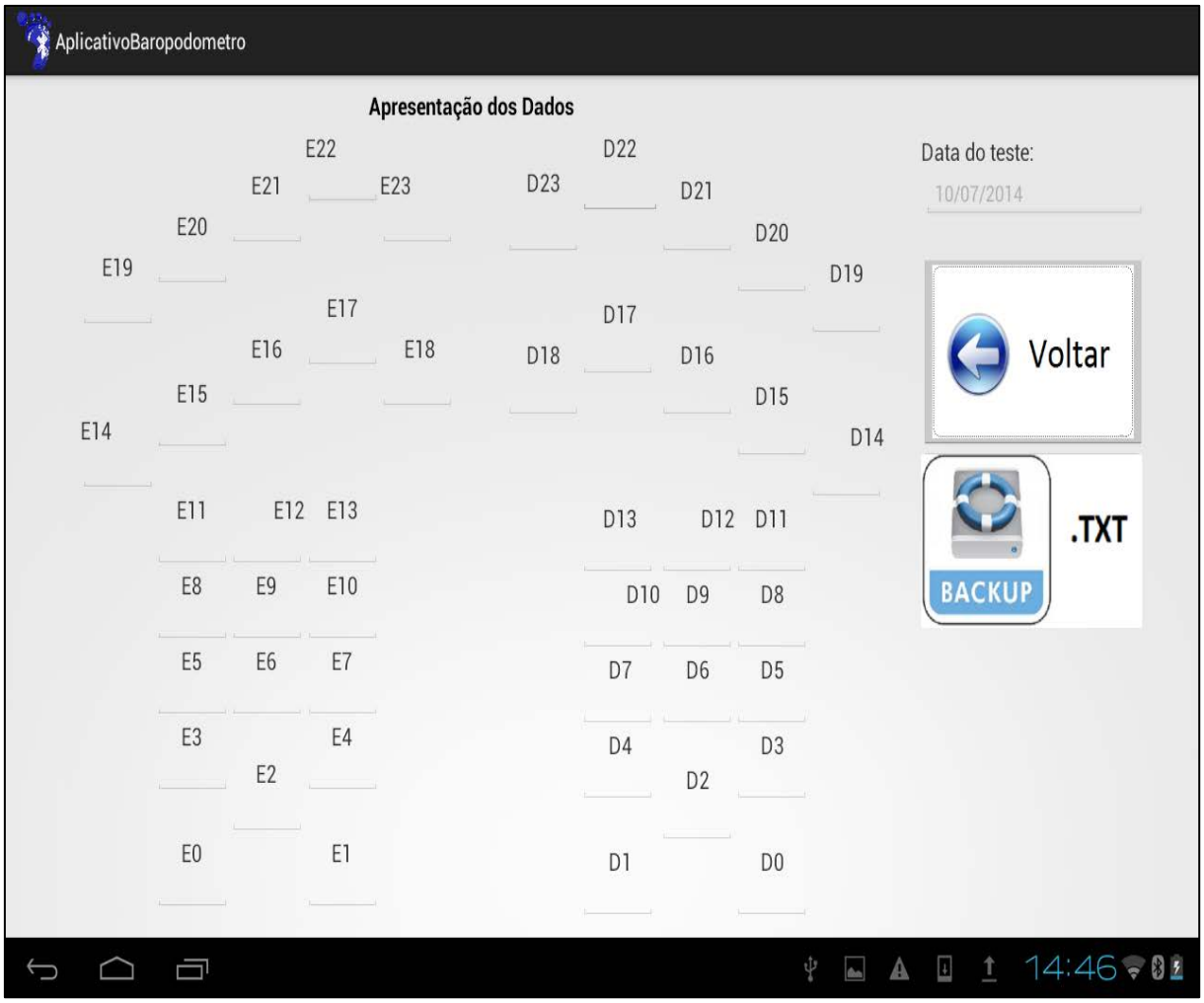
Figura 25. Esta tela foi programada com a classe *ApresentaTesteActivity*. Essa classe define as editText dos 48 sinais (D0, D1, D2... D23 e E0, E1, E2... E23) e apresenta a data em que o teste foi realizado.

O armazenamento dos dados foi realizado com as classes:

- Voluntário, que possui os métodos e atributos dos voluntários e instanciado objeto;
- Teste, que possui os métodos e atributos dos testes e instanciado objeto;
- A classe DatabaseHelper, que cria o banco de dados, gera as tabelas voluntário e teste, e manipula todo o banco de dados, de forma a inserir, editar, pesquisar e excluir dados.

- Nas configurações necessárias para a execução do aplicativo para Android são utilizados o arquivo "AndroidManifest.xml". Neste arquivo se configura os componentes da aplicação, como as *Activities* e as permissões necessárias, como o *Bluetooth*.

Figura 25 – Tela de apresentação dos resultados das medições.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A transmissão dos dados produzidos pelos sensores e seus respectivos circuitos de condicionamento de sinais foi realizada para o *tablet,* via comunicação *Bluetooth*.

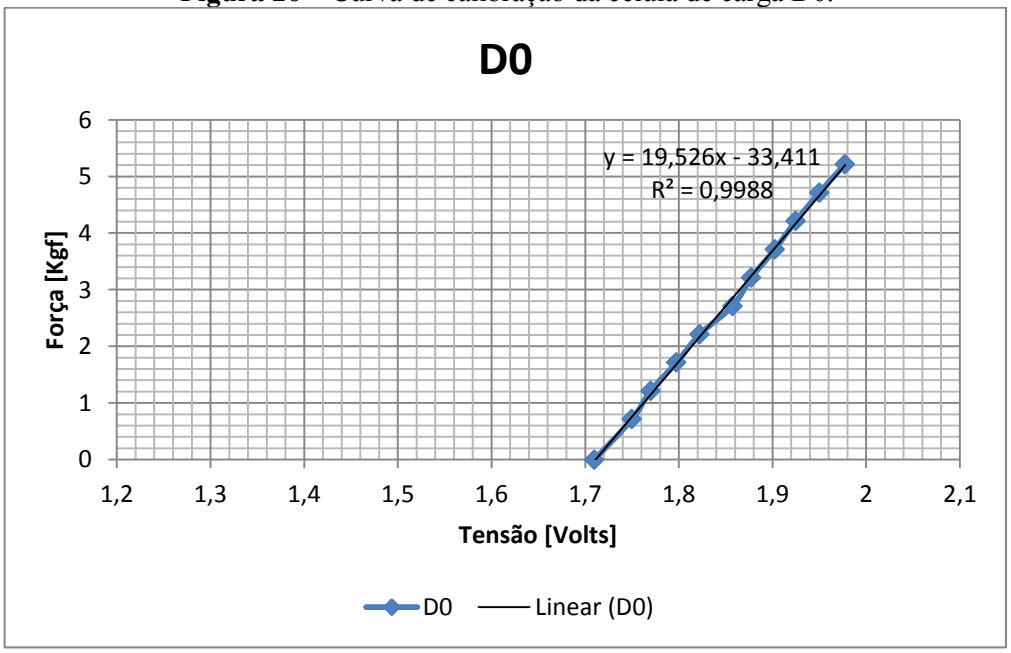
Além da transmissão de informações, o aplicativo é capaz de realizar o cadastro e armazenamento das informações de descarga de peso de pacientes e apresentar os dados em uma interface amigável. Permite ainda salvar os dados da aquisição em um arquivo na extensão *.txt.*

O aplicativo desenvolvido possibilitou uma interface amigável que facilita a interpretação dos sinais produzidos pelos sensores do baropodômetro e pode ser reconfigurada para outros dispositivos móveis que utilizam o sistema Android, como os celulares.

Com a transmissão via *Bluetooth* dos dados de descarga de pesos produzidos pelo baropodômetro foi possível eliminar o uso de cabos tornando o sistema mais versátil e portátil, facilitando o uso do equipamento pelo profissional da saúde.

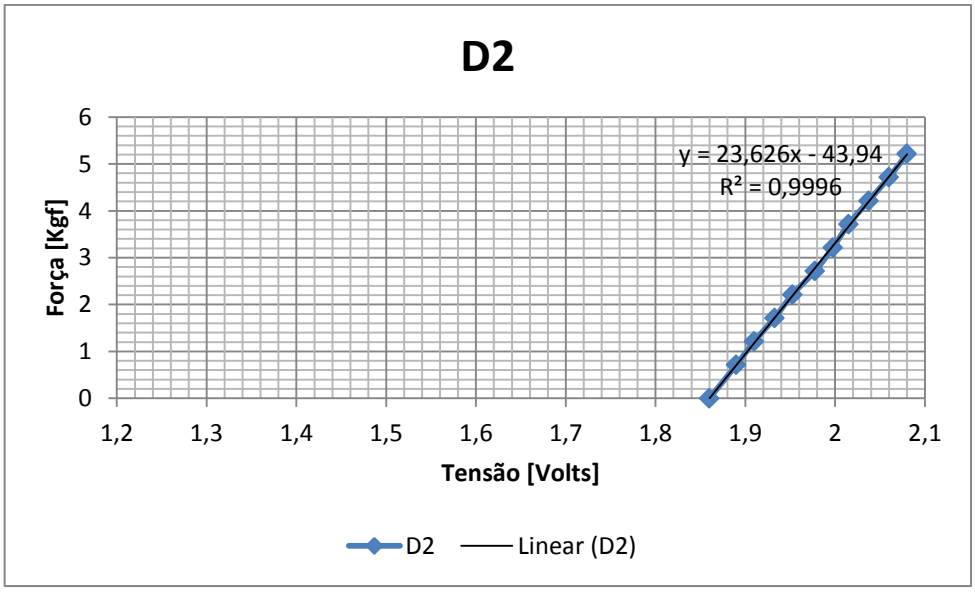
Embora tenham sido construídas as curvas de calibração (carregamento) de todas as 48 células de carga, nas Figuras 26 a 31, são apresentadas as curvas de calibração de apenas 6 células de carga, escolhidas aleatoriamente. Conforme previsto pela teoria dos extensômetros resistivos, as curvas de calibração são lineares. Nas figuras são apresentadas as equações de reta e os coeficientes de correlação (R^2), onde x representa a tensão, em Volts, e y a força, em kgf.

Figura 26 – Curva de calibração da célula de carga D0.



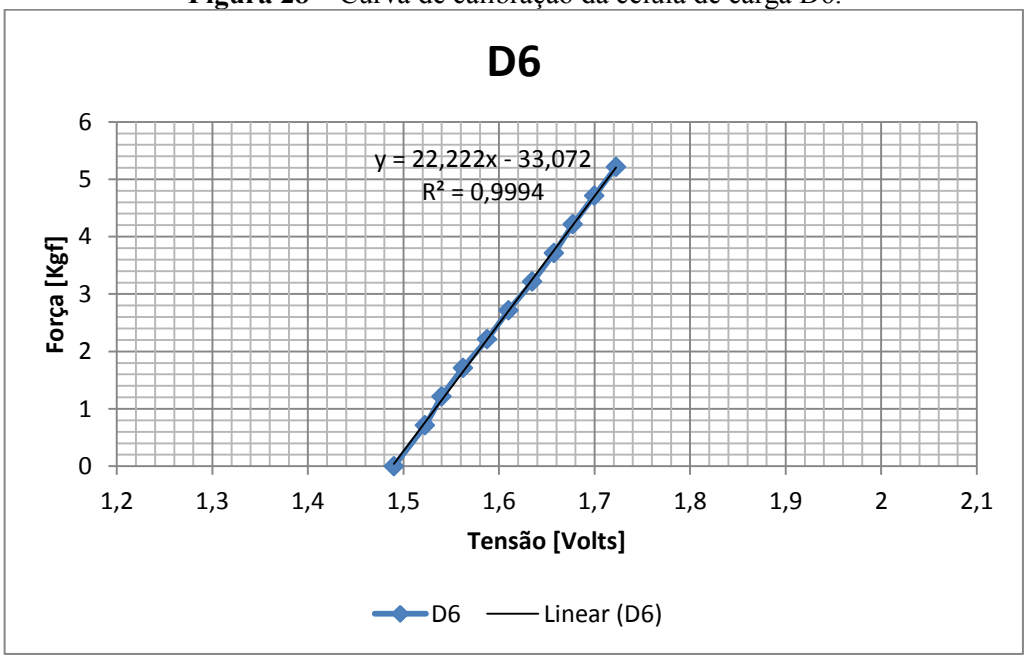
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27 – Curva de calibração da célula de carga D2.



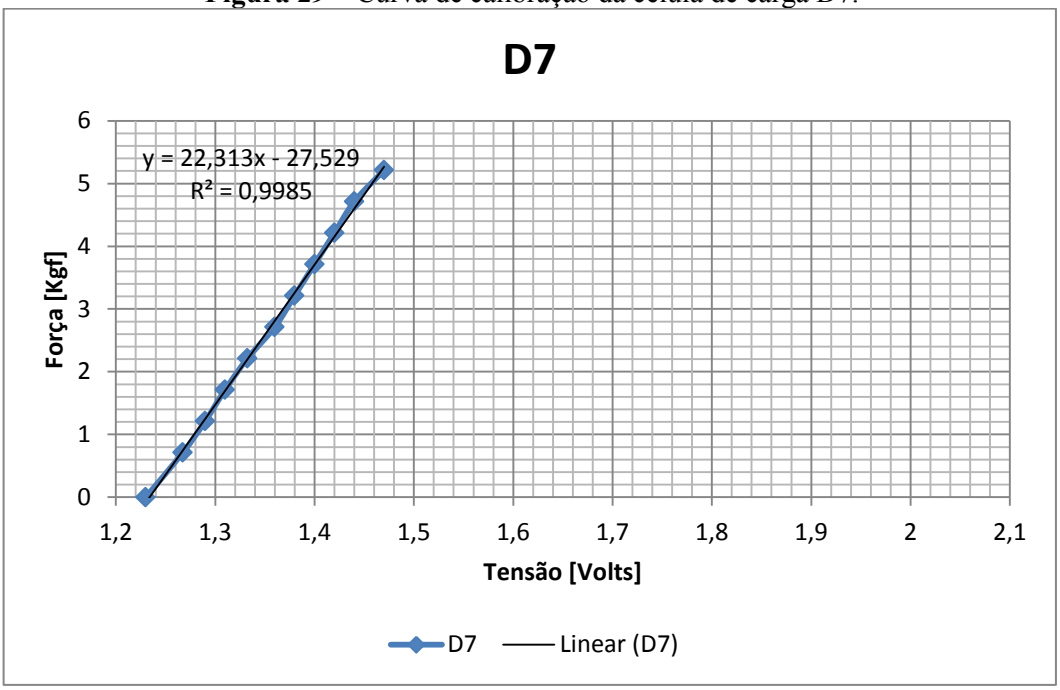
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 28 – Curva de calibração da célula de carga D6.



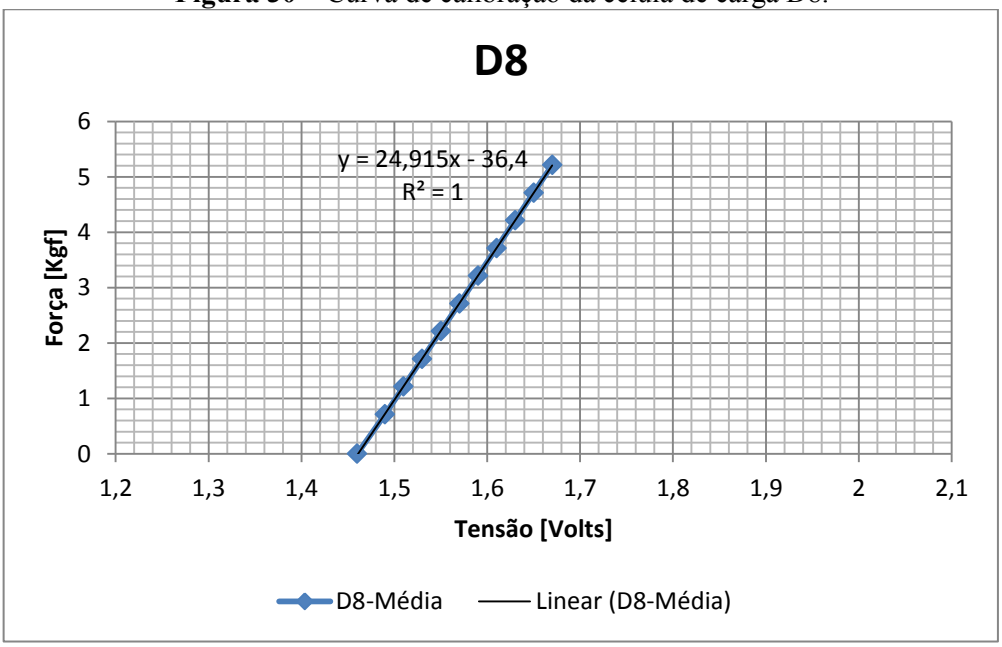
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29 – Curva de calibração da célula de carga D7.



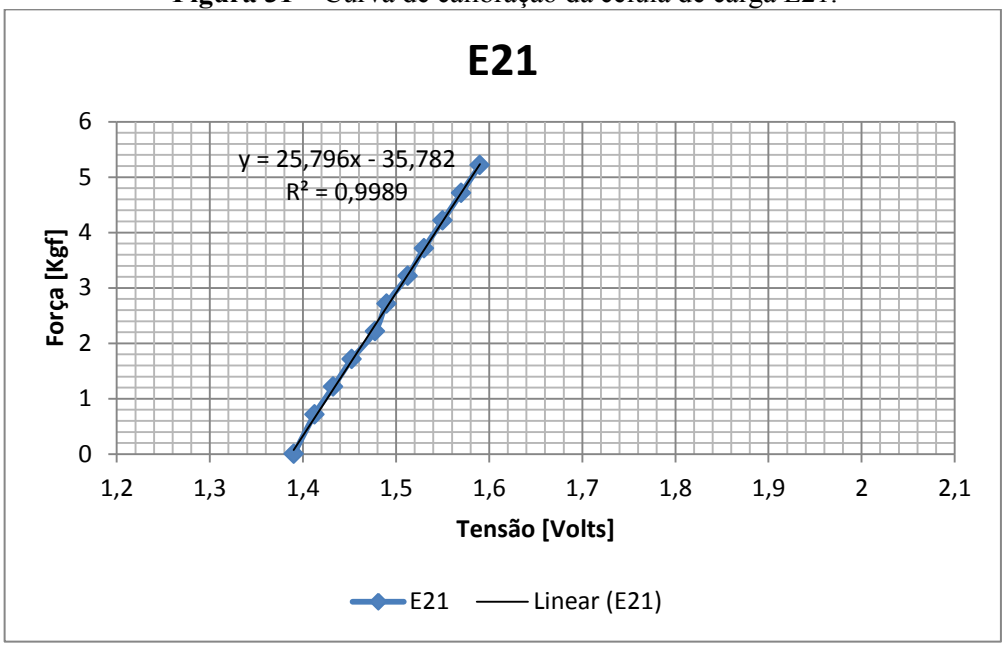
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30 – Curva de calibração da célula de carga D8.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 31 – Curva de calibração da célula de carga E21.



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Tabela 1 são apresentados os percentuais médios de descarga de peso, por sensor e por região plantar, para os voluntários hígidos, para cada pé.

Tabela 1 – Percentual médio de descarga de peso nos sensores para voluntários hígidos.

Pé	**Região de Retropé (%)**					**Região de Mediopé (%)**									**Região de antepé (%)**									
Esquerdo	E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}	E_{20}	E_{21}	E_{22}	E_{23}
	1,5	8,4	8,9	2,7	4,1	2,0	1,9	1,3	2,0	1,0	0,0	2,8	0,0	0,0	1,3	2,8	1,9	0,2	5,6	0,0	0,0	0,0	0,1	2,7
Soma:	25,5					11,0									14,6									
Direito	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}	D_{19}	D_{20}	D_{21}	D_{22}	D_{23}
	4,9	3,0	2,5	4,8	2,8	0,8	1,8	0,9	0,5	0,0	3,1	0,0	0,6	2,8	1,4	2,1	2,5	2,8	3,4	5,8	0,0	1,6	0,0	0,8
Soma:	18,0					10,6									20,3									
Total:	43,5					21,6									34,9									

Observa-se que a descarga de peso no pé esquerdo (51,1%) foi ligeiramente superior à descarga de peso no pé direito (48,9%).

Constata-se que nos indivíduos hígidos o percentual de descarga de peso é de 43,5% na região de retropé, 21,6% na região de antepé e 34,9% na região de antepé.

Nota-se ainda que a região de antepé direito recebeu maior descarga de peso que a do esquerdo, enquanto na região de retropé, a descarga de peso no pé esquerdo foi superior à descarga de peso no pé direito.

Na Tabela 2 são apresentados os percentuais médios de descarga de peso, por sensor e por região plantar, para os pacientes com escoliose, para cada pé.

Tabela 2 – Percentual médio de descarga de peso nos sensores para voluntários com escoliose.

Pé	**Região de Retropé (%)**					**Região de Médiopé (%)**									**Região de antepé (%)**									
Esquerdo	E_0	E_1	E_2	E_3	E_4	E_5	E_6	E_7	E_8	E_9	E_{10}	E_{11}	E_{12}	E_{13}	E_{14}	E_{15}	E_{16}	E_{17}	E_{18}	E_{19}	E_{20}	E_{21}	E_{22}	E_{23}
	1,4	11,4	12,5	8,5	2,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,0	1,6	0,0	0,6	1,5	2,9	0,0	0,0	3,9	0,3	1,5	0,0	0,0	1,1
Soma:	36,6					3,8									11,4									
Direito	D_0	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	D_{12}	D_{13}	D_{14}	D_{15}	D_{16}	D_{17}	D_{18}	D_{19}	D_{20}	D_{21}	D_{22}	D_{23}
	3,0	4,4	4,5	5,2	4,1	0,0	0,5	0,1	0,7	0,0	2,2	0,3	0,0	2,6	0,2	1,2	3,8	2,2	2,6	6,2	1,0	0,0	1,1	2,5
Soma:	21,1					6,3									20,9									
Total:	57,7					10,1									32,3									

Para os pacientes com escoliose, a descarga de peso no pé esquerdo (51,8%) foi também ligeiramente superior à descarga de peso no pé direito (48,3%).

A maior diferença no percentual de descarga de peso entre os pacientes com escoliose e os hígidos ocorreu no médio pé, sendo que nos pacientes com escoliose representa menos da metade do que ocorre nos pacientes hígidos.

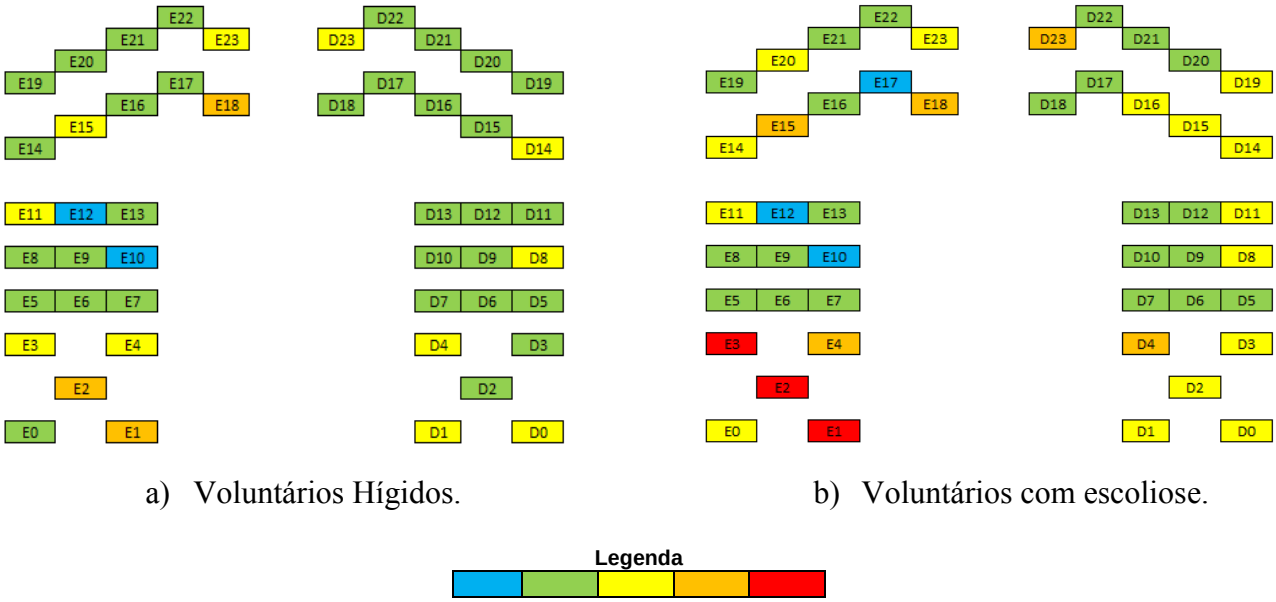
Na região de retropé, o percentual de descarga de peso dos pacientes com escoliose é cerca de 33% superior a que ocorre nos pacientes hígidos.

A relação entre as descargas de peso nos mediopés direito e esquerdo nos pacientes hígidos é de 0,96, enquanto nos pacientes com escoliose é de 1,66, ou seja, nos pacientes com escoliose esta relação é 72,9% maior. Já a relação entre as descargas de peso nos retropés esquerdo e direito nos pacientes hígidos é de 1,42, enquanto nos pacientes com escoliose é de 1,73, ou seja, nos pacientes com escoliose esta relação é 21,8% maior. Estes resultados evidenciam que os pacientes com escoliose descarregam de forma mais desigual seus pesos nos pés direito e esquerdo.

Na região de antepé, as descargas de peso dos pacientes com escoliose e dos pacientes hígidos são aproximadamente iguais.

Na Figura 32, ilustra-se a comparação entre a distribuição de descarga de pesos na região plantar de voluntários hígidos e com escoliose, utilizando-se cores. As áreas de maior descarga de peso são marcadas em vermelho, enquanto as áreas de menor descarga de peso são marcadas em azul. Observa-se que, das 10 células de carga que medem a descarga de peso no retropé, em 8 delas o percentual de descarga de peso dos pacientes com escoliose é maior que a dos pacientes hígidos.

Figura 32 – Comparação dos valores das descargas de pesos de voluntários hígidos e com escoliose.



a) Voluntários Hígidos. b) Voluntários com escoliose.

Fonte: Elaborada pelo autor.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvido um aplicativo que realiza a aquisição de sinais de sensores de um baropodômetro, com transmissão via *Bluetooth,* e o armazenamento e apresentação destas informações em um *tablet*.

Além da transmissão de informações, o aplicativo é capaz de realizar o cadastro e armazenamento das informações de descarga de peso na região plantar do pé de pacientes e apresentar os dados em uma interface amigável. Permite ainda salvar os dados da aquisição em um arquivo na extensão *.txt.*

O aplicativo desenvolvido possibilitou uma interface amigável que facilita a interpretação dos sinais produzidos pelos sensores do baropodômetro e pode ser reconfigurada para outros dispositivos móveis que utilizam o sistema Android, como os celulares.

Com a transmissão das medidas de descarga de pesos realizadas pelo baropodômetro, via *Bluetooth,* foi possível eliminar o uso de cabos tornando o sistema mais versátil e portátil, e facilitando o uso do equipamento pelo profissional da saúde.

A utilização do Arduino UNO com o conversor *Bluetooth* para aquisição e transmissão de dados mostrou-se adequado para se atingir o objetivo proposto neste trabalho.

Utilizando o sistema implementado foi possível observar nitidamente diferenças no percentual da descarga de peso na região plantar de voluntários hígidos e de voluntários com escoliose. A maior diferença no percentual de descarga de peso entre os pacientes com escoliose e os hígidos ocorreu no médio pé, sendo que nos pacientes com escoliose é menos da metade do que ocorre nos pacientes hígidos.

Na região de retropé, o percentual de descarga de peso dos pacientes com escoliose é cerca de 33% superior à que ocorre nos pacientes hígidos. Os resultados obtidos evidenciaram que pacientes com escoliose descarregam de forma mais desigual os pesos nos pés direito e esquerdo que os pacientes hígidos.

O desequilíbrio da coluna leva à rotação vertebral, inclinação lateral para o lado da convexidade (lado da escoliose, direita ou esquerda) e alinhamento das curvaturas fisiológicas como mecanismo compensatório. Com a compensação inclina-se também a pelve, que é a alicerce da coluna e a articulação dos membros inferiores (TOSATO; CARIA, 2009).

Como os pacientes com escoliose possuíam grau de comprometimento leve e moderado, e 90% deles apresentavam escoliose com desvio à esquerda, é coerente o fato da descarga de peso no retropé esquerdo, nestes pacientes, ser 73% superior à descarga de peso no retropé direito.

As avaliações iniciais dos resultados apresentaram uma forte relação entre os resultados obtidos com o sistema implementado e os diagnósticos laboratoriais. Entretanto, para a validação do sistema como ferramenta de apoio ao diagnóstico de escolioses, medições com maior número de pacientes hígidos e com escoliose precisarão ser realizadas.

6.1 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

- Substituir as células de carga por sensores de menor custo;
- Aprimorar o sistema de multiplexação visando diminuir o número de PSoCs escravos;
- Efetuar medições com maior número de voluntários hígidos e com escoliose;
- Utilizar redes neurais para analisar os sinais medidos com o baropodômetro.

REFERÊNCIAS

AMARINO. **Android meets arduino.** [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <http://www.amarino-toolkit.net/>. Acesso em: 10 set. 2014.

ARDUINO. **Arduino uno**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <http://www.arduino.cc/en/Main/ arduinoBoardUno>. Acesso em: 12 nov.2014.

BANKOFF, A. D. P.; CIOL, P.; ZAMAI, C. A.; SCHIMIDT, A.; BARROS, D. D. Estudo do equilíbrio corporal postural através do sistema de baropodometria. **Conexões**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 87-104, 2004.

BITTAR, T. J.; COSTA, M. P.; DIAS, L. G.; FARIA, F. B.; LIMA, P. S. N; SILVA, A. A. **Evolução e principais características do ide eclipse**. São Carlos: Departamento de Ciência da Computação, Universidade Federal de Goiás; ICMC, Universidade de São Paulo, 2010.

BORBA, G. B.; GAMBA, H. R.; GOMES, L. G.; RESENDE, G. P.; SCREMIM, R. D. Equipamento de baropodometria para tratamento fisioterápico de pé equino usando biofeedback. In: SIMPÓSIO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, 6., 2013, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: [s. n], 2013. p. 1-4.

BORGES, I. S.; CHERUBINI, L. F.; JUNIOR, C. G.; MARTINS, R.M. Aplicação do sistema operacional Android em robótica móvel. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 41., 2013, Gramado. **Anais...** Gramado: [s. n.], 2013. p. 3-4.

BRADFORD, D. S., LONSTEIN, J. E., MOE, J. H., OGILVIE, J. W., WINTER, R. B. **Escoliose e outras deformidades da coluna "O livro de Moe".** 2. ed. Santos: [s. n.], 1994.

BRICOT, B. Os critérios de normalidade em posturologia clínica: normalidade postural morfológica e normalidade estabilométrica. **Postura e equilibrio, novidades 2001, conceituais, instrumentais e clinicas.** Marselha: Michel Lacour, 2001.

BURNETTE, E. H. **Android:** introducing google`s mobile development plataform. [S. l.]: Pragmatic Bookshelf, 2008.

CARMO, V. **Protótipo de controle de acesso para academias de ginástica utilizando microcontrolador PIC e o padrão RS485**. 2005. 61 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências da Computação) – Departamento de Centro de Ciências Exatas e Naturais, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2005.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; MOLISANI, E. **Física com Arduino para iniciantes.** Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 33, n. 4, p. 4503-4503, 2011.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **Java como programar**. 8. ed, São Paulo: Pearson Education, 2010. 1114 p.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. **JAVA como programar**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2003.

DEITEL, A.; DEITEL, H.; DEITEL, P.; MORGANO, M. **Android para programadores:** uma abordagem baseada em aplicativos. Porto Alegre: Bookman, 2013.

DURIGON, O. F. S. **Postura:** uma visão integrada. São Paulo: [s. n.], 2003.

ECLIPSE.ORG. **Eclipse foundation**. [S. l.: s. n.], 2012. Disponível: <http://www.eclipse.org/home>. Acesso em: 11 dez. 2014.

ESTREMOTE, M. M. **Medição da descarga de peso na região plantar em pacientes normais e hemiplégicos utilizando plataforma de força**. 2010. 156 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2010.

FLANAGAN, P. **Smart soles: posture analysis using Wireless sensors**. 2010. 84 f. Dissertation (Master of Science in Computer Science) – University of Dublin, Dublin, 2010.

FREITAS, L. M. **Android:** desenvolvendo aplicativos para dispositivos móveis. [S. l.]: Hachi Tecnologia, 2012. Versão 1.13.1.25.

FREITAS, L. P. S. **Discriminação de pacientes normais e hemiplégicos utilizando plataforma de força e redes neurais.** 2011. 81 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2011.

FREITAS, R. L. B. **Plataforma de força para aplicações biomédicas.** 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2008.

GAGEY, P. M; WEBER, B. **Posturologia regulação e distúrbios da posição ortostática**. 2. ed. São Paulo: Manole, 2000.

GARGENTA, M. **Learning android** . Washington: O'Reilly Media, 2011. 248 p.

GUIMARAES, L. V.; ESPIRITO A. S.; GALERA, M.F. Prevalência de escoliose idiopática e variáveis associadas em escolares do ensino fundamental de escolas municipais de Cuiabá, MT, 2002. **Rev. bras. epidemiol.** São Paulo, v. 14, n. 2, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-790X2011000200015 &lng=en&nrm=iso>. Accesso em: 19 nov. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Idosos**. Brasília, DF, [s, n], 2014. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/ Sintese_de_Indicadores_Sociais_ 2013/SIS_2013.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2014.

IUNES, D. H.; CECÍLIO, M. B. B.; DOZZA, M. A.; ALMEIDA, P. R. Análise quantitativa do tratamento da escoliose idiopática com o método klapp por meio da biofotogrametria computadorizada. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 133-140, 2010.

LECHETA, R.R. **Google android**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010.

LIBOTTE, M. **Podoscopie electronique encyclopêdie médico-chirurgicale:** kinésithérapie rééducation fonctionelle. Paris: Elsevier, 2001. p. 1-4.

MEDNIEKS, Z.; DORNIN, L.; MEIKE, G. B.; NAKAMURA, M. **Programming android:** java programming for the new generation of mobile devices. 2.ed. Whashington: O'Reilly, 2012. 566 p.

MIDICAPTEURS. **Manual of instalation and use of the Pel-38 podometer**. Paris: Tolouse, 1998. 114 p.

MOBILEIN. **Conceitos chave do Android:** parte 1: camadas. [S. l.: s. n.], 2010. Disponível em: <http://mobilein.com.br/?p=55>. Acesso em: 22 ago. 2013.

NABÈRES, A. **Bilan clinique informatisé**. Paris: [s. n.], 1994.

NETTER, F. H. **Atlas de anatomia humana**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

OPEN Source Project. **Android**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: <https://source.android.com /tech/security/. Acesso em 16 dez. 2013.

PRADO, S. **Introdução ao funcionamento interno do Android**. [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em <http://www.sergioprado.org/2011/08/15/introducao-aofuncionamento-interno-do-android/>. Acesso em: 21 dez. 2013.

REZENDE NETO, A. L.; MAGAGNIN JUNIOR, A.; NEIVA, E. C. R.; FARINHAKI, R. **Sistema de medição de campo magnético baseado no efeito hall e arduino**. 2010. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Computação) - Departamento Acadêmico de Eletrônica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

RICARD, F. **Las escolioses:** Tratado de Radiologia Osteopática del Raquis. Madrid: Panamericana, 1999. p. 269-77.

RIGUETO, R. R. **Estudo da pressão plantar através da baropodometria em pacientes portadores de bruxismo do sono após uso de placa oclusal**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Faculdade de Engenharia Biomédica, Universidade do Vale do Paraíba -
UNIVAP, São José dos Campos, 2005.

RUARO, A. F. **Ortopedia e traumatologia:** temas fundamentais e a reabilitação. Umuarama: [S. l.], 2004.

SABBATINI, R. M. E. História da informática em saúde no Brasil. **Informática Médica**, Campinas, v. 1, n. 5., p. 1-3, 1998). Disponível em: <http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0105/sabbatini.htm>. Acesso em: 1 nov. 2014.

SAUDEMEDICINA**. Escoliose lombar: sintomas e dores nas costas**. [S.l, s.n], 2004. Disponível em: < http://www.saudemedicina.com/escoliose-lombar-sintomas-dores-nas-costas/>. Acesso em: 5 nov. 2014.

SCHROTH, C. L. Introduction to the three-dimensional Scoliosis treatment according to Schroth. **Physiotherapy**, Londres, v. 78, n. 11, p. 810-15, 1992.

SILVA, D. O**. Uso de aparelhos eletrônicos por idosos em ambientes domésticos**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Bioengenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

SOUZA, A. R. de; et al. **A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1-4, 2011.

STRICKLAND, J. **Como funciona o Android (Google Phone).** [S. l.: s. n.], 2009. Disponível em <http://informatica.hsw.uol.com.br/google-phone2.htm>. Acesso em: 16 maio 2014.

TOSATO, J. P.; CARIA, P. H. F. Avaliação da atividade muscular na escoliose. **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, Florianópolis, v. 19, n. 1, p. 98-102, 2009.

ANEXO A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: "**APLICATIVO ANDROID PARA AQUISIÇÃO DE DADOS DE UM BAROPODÔMETRO VIA BLUETOOTH PARA APOIO NA ANÁLISE DE ESCOLIOSE**"

Nome do (a) Pesquisador (a): **Maria Inez Nobukuni**

Nome do (a) Orientador (a): **Aparecido Augusto de Carvalho**

1. **Participantes da pesquisa**: A população alvo será constituída por pacientes normais e pacientes com escoliose com tamanho de pés de 36 a 41. Número de pacientes normais 20 (vinte). Número de pacientes com escoliose 10.

2. **Sobre as entrevistas**: Serão coletados dados de identificação da pessoa e explicado a finalidade, bem como o modo como será realizada a pesquisa.

3. **Natureza da pesquisa**: *o (a) sr. (sra.) está sendo convidada (o) a participar desta pesquisa que tem como objetivo mensurar a pressão em alguns pontos da região plantar (pé) para estudar a distribuição de peso nos membros inferiores com um aparelho conhecido como baropodômetro.*

4. **Envolvimento na pesquisa**: *Ao participar deste estudo o (a) a sr (sra) permitirá que a pesquisadora Maria Inez Nobukuni faça meça a distribuição de forças feita nos pés. O (a) sr. (sra.) tem liberdade de se recusar a participar e ainda se recusar a continuar participando em qualquer fase da pesquisa, sem qualquer prejuízo para o (a) sr. (sra.). Você será esclarecido(a) sobre a pesquisa em qualquer aspecto que desejar e sempre que quiser poderá pedir mais informações sobre a pesquisa através do telefone do (a) pesquisador (a) do projeto e, se necessário através do telefone do Comitê de Ética em Pesquisa.*

5. ***Procedimento:*** *O(a) sr. (sra.) terá que ficar em posição ortostática em cima do baropodômetro conforme a indicação do(a) profissional de saúde presente, para que a pressão na região plantar seja medida e em seguida armazenada para análise futura. Tais informações tem como finalidade avaliar o funcionamento do aparelho.*

6. **Riscos e desconforto**: *A participação nesta pesquisa não traz complicações legais e nem oferece riscos aos voluntários. Os procedimentos adotados nesta pesquisa obedecem aos Critérios da Ética em Pesquisa com Seres Humanos conforme Resolução no. 27/2011 do Conselho Nacional de Saúde. Nenhum dos procedimentos usados oferece riscos à sua saúde ou dignidade.*

7. **Confidencialidade**: *Todas as informações coletadas neste estudo são estritamente confidenciais. Somente os pesquisadores e o orientador terão conhecimento dos dados.*

8. **Benefícios**: *Ao participar desta pesquisa o (a) sr. (sra.) não terá nenhum benefício direto. Entretanto, esperamos que este estudo traga informações importantes sobre o sistema desenvolvido, de forma que o conhecimento que será construído a partir desta pesquisa possa*

melhorar a qualidade de vida do ser humano por tornar avaliações e diagnósticos feitos por profissionais de saúde mais fáceis e precisos.

9. **Pagamento**: *O (a) sr (sra.) não terá nenhum tipo de despesa para participar desta pesquisa, bem como nada será pago por sua participação*.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma cópia será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você. Solicitamos o seu consentimento de forma livre para participar desta pesquisa. Portanto preencha, por favor, caso concorde com a participação os itens que se seguem:

Consentimento livre e esclarecido

Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada à oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

_____
Nome do Participante da Pesquisa

_____
Assinatura do Participante da Pesquisa

_____
Assinatura do Pesquisador

_____
Assinatura do Orientador

TELEFONES PARA CONTATO

Pesquisador: (18) 3743-1000 Ramal 1955

Orientador: (18) 3743-1223

Telefone do Comitê de Ética em Pesquisa de Presidente Prudente: (18) 3229-5315