



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

Campus de Ilha Solteira

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

JOSÉ PAULO CODINHOTO

HERMES: DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA BAROPODÔMETROS

Ilha Solteira

2020

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

JOSÉ PAULO CODINHOTO

HERMES: DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA BAROPODÔMETROS

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Ilha Solteira, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Automação.

Prof. Dr. Aparecido Augusto de Carvalho
Orientador

Ilha Solteira

2020

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

C669h Codinhoto, José Paulo.
Hermes: desenvolvimento de software para baropodômetros / José Codinhoto. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2020
68 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Automação, 2020

Orientador: Aparecido Augusto de Carvalho
Inclui bibliografia

1. Baropodometria. 2. Java. 3. Gráfico de calor. 4. Software livre.


Raiane da Silva Santos
Supervisora Técnica de Seção
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação
CRB/8 - 9999



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

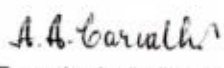
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

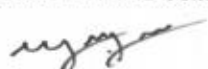
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Hermes: desenvolvimento de um software para baropodômetros

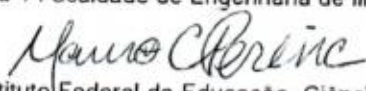
AUTOR: JOSÉ PAULO CODINHOTO

ORIENTADOR: APARECIDO AUGUSTO DE CARVALHO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ENGENHARIA ELÉTRICA, área: Automação pela Comissão Examinadora:

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

Prof. Dr. MARCELO AUGUSTO ASSUNÇÃO SANCHES 
Departamento de Engenharia Elétrica / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof. Dr. MAURO CONTI PEREIRA 
Departamento de Eletrotécnica / Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso do Sul - IFMS

Ilha Solteira, 31 de julho de 2020

RESUMO

A baropodometria tem crescido exponencialmente em anos recentes nos trabalhos acadêmicos, tornando-se forte aliada na coleta de informações sobre a pressão exercida pelos pés, sendo utilizada de diferentes maneiras pelos pesquisadores. Os baropodômetros comerciais possuem software próprio e análises pré-definidas, o que limita seu uso, principalmente em pesquisas, pois muitas vezes não é possível extrair alguns dados de interesse. O objetivo deste trabalho é apresentar um software de acesso livre que permite o uso dos dados de diferentes baropodômetros. O *software* desenvolvido neste estudo utiliza os padrões do projeto internacional MVC e DAO e é implementado em Java, uma das linguagens de programação mais utilizada no mundo, com recursos de múltiplas plataformas. O programa PostgreSQL foi utilizado para o armazenamento e gerenciamento de informações. Permite a criação de um banco de dados robusto que pode ser acessado local ou remotamente. O *software* livre e de código aberto, desenvolvido neste trabalho, é uma ferramenta alternativa para o software comercial e pode ser adaptável a diferentes baropodômetros.

Palavras-chave: Baropodometria. Java. Gráfico de Calor. *Software* Livre.

ABSTRACT

Baropodometry has grown exponentially in recent years in academic works, becoming a strong ally in the acquisition of information about the pressure exerted by the feet, being used in different ways by researchers. Commercial baropodometers have their own software and with pre-defined analysis, which limits its use, especially in research, because it is often not possible to extract some data of interest. The objective of this work is to present a free access software that allows communication with different baropodometers. The software developed in this study uses the standards of the international project MVC and DAO and is implemented in Java, one of the most used programming languages in the world that has multiplatform resources. The program PostgreSQL was used for the storage and management of information. It allows the creation of a robust database that can be accessed locally or remotely. The free and open-source software developed in this work is an alternative tool for commercial software and can be adaptable to different baropodometers.

Keywords: Baropodometry. Java. Heat map. *Software*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Publicações Baropodômetros.....	10
Figura 2 - Baropodômetro v2.0.....	12
Figura 3 - LIEB Baropodômetro.....	13
Figura 4 - Imagem da Tela de Cadastro - FreeStep	16
Figura 5 - Imagem da tela de histórico clínico	17
Figura 6 - Demonstração Gráfica de Pressão FreeStep	18
Figura 7 - Demonstração Gráfica do Biomech Studio	19
Figura 8 - Demonstração Gráfica Software FootWork.....	20
Figura 9 - Demonstração do equipamento e <i>Software</i> Foot Checker.....	21
Figura 10 - <i>Software</i> Foot Checker.....	21
Figura 11 - Demonstração do Software Strideway.....	22
Figura 12 - Tabela de valores Strideway	23
Figura 13 - Tela PrestoScan	24
Figura 14 - Tela <i>Software</i> Emed Novel	25
Figura 15 - Tela de Coletas.....	25
Figura 16 - Tela de coleta de dados RSScan	26
Figura 17 - Exemplo de Classe UML.....	31
Figura 18 - Representação Padrão MVC (Model-View-Controller)	33
Figura 19 - Representação Padrão MVC e DAO	34
Figura 20 - Paradigma Multitarefas.....	39
Figura 21 - Paradigma Threads.....	39
Figura 22 - Identidade Visual – Hêrmes Baropodômetro.....	40
Figura 23 - Diagrama de Entidade Relacionamento (DER).....	41
Figura 24 - Tela de Login	43
Figura 25 - Tela inicial Hermes Baropodômetro	44
Figura 26 - Imagem da Tela de Cadastro	45
Figura 27 - Dados Médicos	46
Figura 28 - Problemas do Paciente	47
Figura 29 - Cirurgias do Paciente	48
Figura 30 - Vícios dos Pacientes.....	48
Figura 31 - Imagem da Tela de Pesquisa.....	49
Figura 32 - Informações sobre o status do Paciente	50
Figura 33 - Configurações de Banco de Dados.....	51
Figura 34 - Imagem da tela de Coleta de Dados.....	51
Figura 35 - Imagem da tela de históricos.....	52
Figura 36 - Imagem da tela de exibição gráfica.....	54
Figura 37 - Imagem da Tela de exibição numérica.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo das informações dos Baropodômetros do LIEB	13
Tabela 2 - Funcionalidades dos Softwares para Baropodômetros.....	27
Tabela 3 - Comandos utilizados Graphics.....	38

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CAD – *Computer-Aided-Design* (Projeto assistido por computador)

CAM – *Computer-Aided Manufacturing* (Manufatura assistida por computador)

COP – *Center of Pressure* (Centro de Pressão Plantar)

DAO – *Data Access Object* (Objeto de Acesso a Dados)

DER – Diagrama Entidade Relacionamento

IDE – *Integrated Development Environment* (Ambiente de Desenvolvimento Integrado)

LGPL – *Lesser General Public License* (Licença Pública Geral)

LIEB – Laboratório de Instrumentação e Engenharia Biomédica

MVC – *Model-View-Controller* (Modelo-Visão-Controle)

PPGEE – Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica

RCSP - *Resting calcaneal stance position* (Posição do calcâneo em repouso)

SGBD – Sistema Gerenciador de Banco de Dados

SO – Sistema Operacional

UML – *Unified Modeling Language* (Linguagem de Modelagem Unificada)

USB – *Universal Serial Bus*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	JUSTIFICATIVAS	10
1.2	OBJETIVOS.....	14
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	SOFTWARES PARA BAROPODÔMETROS.....	16
2.1.	SOFTWARE FREESTEP.....	18
2.2.	SOFTWARE BIOMECH STUDIO	18
2.3	SOFTWARE FOOTWORK	19
2.4	CARACTERÍSTICAS DO FOOT CHECKER.....	20
2.5	EQUIPAMENTOS TEKSCAN	22
2.6	SOFTWARE NOVEL	24
2.7	SOFTWARE RSSCAN INTERNATIONAL	26
2.8	BAROPODÔMETROS EM PESQUISAS CIENTIFICAS.....	28
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	30
3.1	LIBERDADES DE PADRÕES GNU/LINUX	30
3.2	ORIENTAÇÃO A OBJETOS	30
3.3	PADRÃO MVC E DAO.....	32
3.4	LINGUAGEM JAVA	34
3.5	IDE – APACHE NETBEANS.....	35
3.6	BANCO DE DADOS – POSTGRESQL.....	35
3.7	MYSQL WORKBENCH.....	36
3.8	BIBLIOTECAS JAVA	37
3.8.1	Jfreechart	37
3.8.2	Jheatchart.....	38
3.17	CLASSE ABSTRATA GRAPHICS	38
3.10	THREADS EM JAVA.	38

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1	IDENTIDADE VISUAL	40
4.2	BANCO DE DADOS DO SISTEMA	40
4.3	SOFTWARE HERMES BAROPODÔMETRO	42
4.4	INTERFACES PARA GERENCIAMENTO DE DADOS DOS PACIENTES	43
4.5	PLOTAGEM DE DADOS DO BAROPODÔMETRO	52
4.5.1	Desenvolvimento da matriz gráfica	53
4.5.2	Geração dos gráficos	53
5	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	58
	ANEXO A – Artigo Enviado ao CBEB - 2020.....	61

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as justificativas para a realização deste trabalho, os objetivos e a forma como o texto da Dissertação foi estruturado.

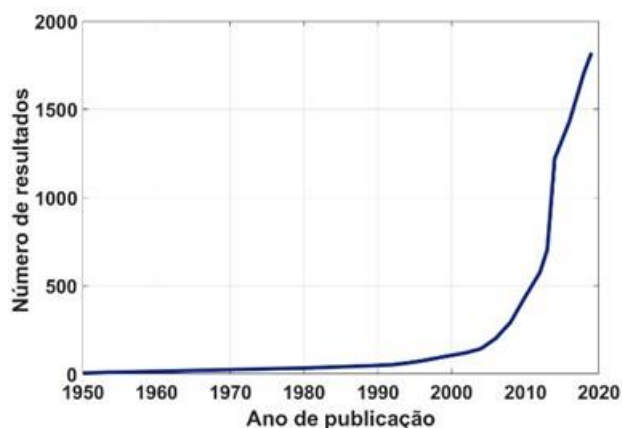
1.1 JUSTIFICATIVAS

A baropodometria é um exame quantitativo que mede e compara a pressão exercida na região plantar dos pés, utilizando uma plataforma composta por um número elevado de sensores. O exame é realizado com um equipamento denominado baropodômetro, com o indivíduo em pé, de forma estática ou dinâmica.

Esta técnica fornece dados com alto valor diagnóstico, que são apresentados visualmente. Ela fornece informações sobre a distribuição de força ou pressão na região plantar, pressão de pico, áreas em risco na região plantar dos pés, e eventualmente ajuda na produção de palmilhas ortopédicas, na detecção de anormalidades biomecânicas do pé, pelve e coluna vertebral. Utilizando a baropodometria, muitos autores têm sugerido o tratamento de vários problemas, com o uso adequado de alongamentos e uso de palmilhas de sapato (BRICOT, 2008).

O número de publicações abordando baropodômetros aumentou exponencialmente nos últimos anos, nas áreas clínica e de pesquisa, passando de cerca de 500 publicações, em 2010, para aproximadamente 1700 publicações, em 2019, conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 - Publicações Baropodômetros.



Fonte: (CASTRO, 2019).

O baropodômetro consiste, essencialmente, de um hardware com uma plataforma com sensores de pressão e circuitos de condicionamento de sinais e de um *software* projetado para realizar a aquisição de dados com frequência de amostragem que possibilita a realização de avaliações estáticas e dinâmicas (ABDUL RAZAK *et al.*, 2012).

O software é também utilizado para converter os dados de pressão na região plantar em imagens, visando facilitar a análise da descarga de peso na região plantar dos pés do paciente.

Há vários baropodômetros disponíveis comercialmente como o *freeStep* (SENSORMEDICA, 2020), o *Kinetec* - Biomech Studio (KINETEC, 2020), *FootWork* (ARKIPELAGO, 2020), *FootChecker* da GHIWell (GHIWELL, 2020), o *Strideway* e *PrestoScan* da TekScan (TEKSCAN, 2020), *Emed* da Novel (NOVEL, 2020) e *FootScan* da RSScan (RSSCAN, 2020). Entretanto, os custos destes equipamentos são elevados e, conseqüentemente não acessível a todos os laboratórios, clínicas ou unidades hospitalares.

Em projetos de pesquisa e desenvolvimento, é possível encontrar o uso destes equipamentos comerciais e o uso de ferramentas de *softwares* estatísticos ou planilhas eletrônicas para realizar o registro e a plotagem gráfica das medidas obtidas com os sensores.

Apesar dos baropodômetros serem utilizados em diversos projetos de pesquisa e na prática clínica, devido à falta de um padrão internacional, cada empresa desenvolve seu próprio hardware e software, dificultando assim o uso do seu hardware ou do seu software separadamente, ou com outros produtos similares.

Os softwares dos baropodômetros comerciais normalmente não podem ser modificados pelo usuário do equipamento. O acesso a eles é muito restrito e, geralmente, há dificuldade do usuário para entender como as medições são realizadas e armazenadas. A complexidade do software está ligada à conversão dos dados em gráficos, que mostram os resultados de forma visual aos profissionais de saúde.

Além dos gráficos o *software* possibilita a inserção das informações pertinentes ao paciente, como data de cadastro, nome, idade, gênero, peso e altura, entre outras informações, que podem ajudar em um diagnóstico.

No Laboratório de Instrumentação e Engenharia Biomédica (LIEB) do Departamento de Engenharia Elétrica, da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira da UNESP, vários equipamentos médicos têm sido implementados, um dos quais é o baropodômetro.

No LIEB foram implementados 3 versões de baropodômetros, sendo a 1ª construída com 48 sensores (ESTREMOTE, 2010).

O *hardware* da versão 2.0 Urban (2015) consiste de duas plataformas, cada uma com 60 sensores. Na Figura 2, mostra-se uma foto deste baropodômetro

Figura 2 - Baropodômetro v2.0.



Fonte: (CASTRO, 2016).

A versão 3.0, denominada LiebScan System, foi implementada com uma matriz de 2304 sensores (CASTRO, 2019). Uma foto do equipamento é mostrada na Figura 3.

Na Tabela 1 mostra-se algumas informações sobre as versões 2.0 e LiebScan System, como o tipo de comunicação, a faixa de transmissão, o intervalo

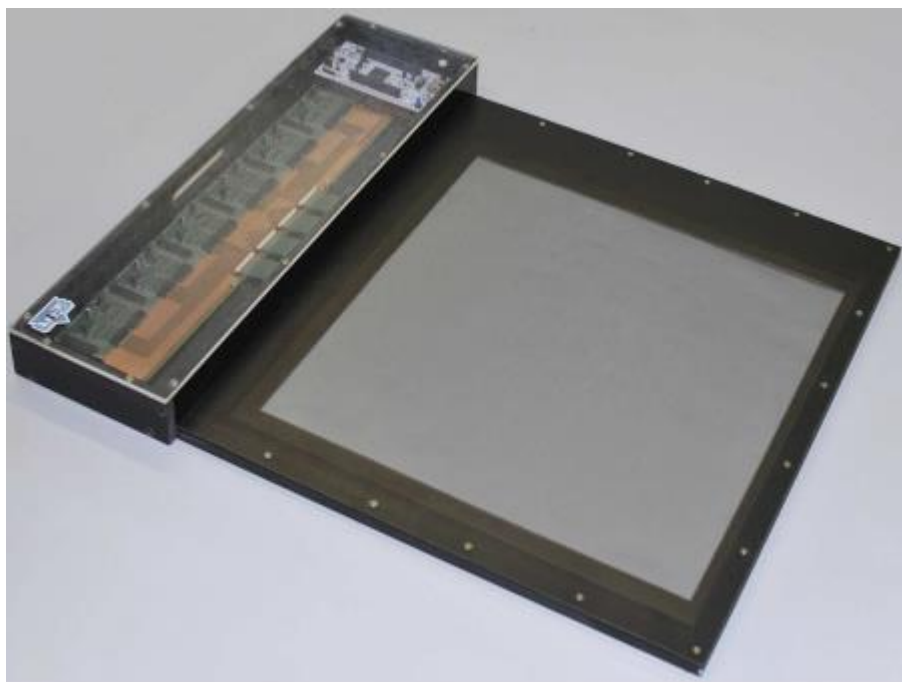
correspondente à tensão lida em cada sensor e a quantidade de sensores em cada um dos dois baropodômetros.

Tabela 1 - Resumo das informações dos baropodômetros do LIEB.

BAROPODÔMETRO	Transmissão	Resolução	Sensores	USB
Baropodômetro V.2	1,2 Mbps	0-1023	120	Sim
LiebScan System	2,2Mbps	0-255	2304	Sim

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 3 - LIEB Baropodômetro.



Fonte: (CASTRO, 2019).

O *software* LiebScan System (CASTRO, 2019) tem a funcionalidade de coletar, processar, visualizar e gerenciar dados relacionados à descarga de peso na região plantar de pacientes. O *software*, desenvolvido no ambiente LabVIEW 2017®, possui um registro inicial do paciente e também uma tela de análise e gerenciamento dos dados coletados pelo baropodômetro desenvolvido durante a pesquisa de Castro (CASTRO, 2019).

Embora desenvolvido no LabVIEW, o *software* do LiebScan System apresenta problemas de compatibilidade com o baropodômetro de 120 sensores (URBAN, 2015).

Para obter um sistema compatível com o baropodômetros versão 2.0 e LiebScan System e, obter compatibilidade com outros sistemas, há necessidade de um software de baixo custo que receba as medidas obtidas com os sensores, armazena-as e visualiza-as, e que possa ser adaptado para diferentes modelos de baropodômetro.

Devido aos motivos expostos, fica evidente a necessidade de se implementar um software *open-source* com as características acima mencionadas.

1.2 OBJETIVOS

São dois os principais objetivos do trabalho:

- Desenvolver um software para o interfaceamento de baropodômetros, que pode ser executado em multiplataforma.
- Implementar um software que seja uma alternativa aos softwares comerciais e que possa ser utilizada por baropodômetros diferentes, sendo flexível à alterações, e também possuindo uma base de dados modular que pode ser local ou remota via internet.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

Neste capítulo foram apresentados as justificativas para a realização deste trabalho, os seus objetivos e a estrutura da Dissertação.

No Capítulo 2 é apresentada uma revisão bibliográfica sobre softwares de baropodômetros.

No Capítulo 3 descreve-se os materiais e métodos utilizados na pesquisa, destacando as técnicas de programação, padrões de projeto, bibliotecas, linguagem e base de dados escolhida.

No Capítulo 4 são apresentados os resultados e as discussões da pesquisa realizada.

No Capítulo 5 são apresentadas as principais conclusões da pesquisa.

2 SOFTWARES PARA BAROPODÔMETROS

Os *softwares* dos baropodômetros pesquisados foram desenvolvidos pelas próprias empresas que os fabricam.

2.1. SOFTWARE FREESTEP

O *software* FreeStep, da empresa SensorMedica é um *software* avançado para o estudo da baropodometria, postura e biomecânica. Realiza análise estática, dinâmica e estabilométrica, *scanner* de pé 2D e 3D, esteira de detecção mioelétrica e baropodométrica, relatórios abrangentes, análise estatística, atualização constante (SENSORMEDICA, 2020).

Em seu manual de instalação e uso, é possível identificar algumas figuras das telas do sistema e compreender o seu funcionamento. Na Figura 4 é possível identificar uma tela de cadastro dos pacientes ou voluntários, onde são coletados os principais dados dos clientes.

Figura 4 - Imagem da Tela de Cadastro – FreeStep.

Fonte: (SENSORMEDICA, 2020).

Na Figura 5 são apresentadas informações extras que são coletadas pelo *software* como o histórico clínico, no qual o paciente deve informar se possui algum problema de hipertensão, diabetes, problemas respiratórios. O *software* possibilita receber diversas informações, entre as quais, de problemas ortopédicos e vícios.

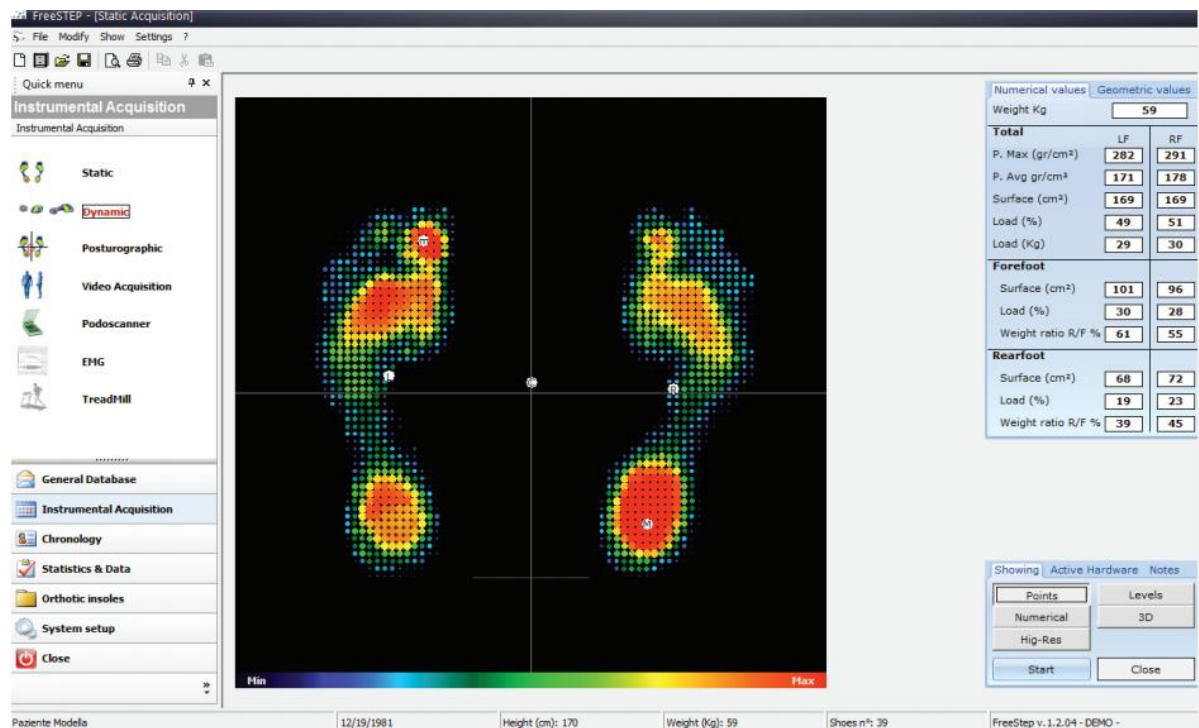
Figura 5 - Imagem da tela de histórico clínico.

The screenshot displays the 'Clinical History Data' interface. At the top, there are tabs for 'Patients list', 'Main Data', 'Clinical History Data' (active), 'Clinical Diary', 'Global Report', and 'Compare'. Below the tabs, the patient's name 'Paziente Modella' is entered in the 'Name' field, '00000001' in the 'Code' field, and '6/24/2018' in the 'Registration date' field. The main area is divided into three sections: 'General History' with checkboxes for HEART DISEASE, HYPERTENSION, DIABETES, NEUROLOGICAL PROBLEMS, and OTHER DISEASES; 'Orthopedic History' with checkboxes for ORTHOPEDIC PATHOLOGY, ACCIDENTS, FRACTURES, DISTORTIONS, DISLOCATIONS, HEAD TRAUMA, OTHER, PROSTHESIS, SURGERY, and PAIN; and 'Other information' with fields for Occupation, PHYSICAL ACTIVITY, SMOKING, ALCOHOL, and DRUGS. The bottom status bar shows patient details: 12/19/1981, Height (cm): 170, Weight (Kg): 59, Shoes n°: 39, and FreeStep v.1.2.04 - DEMO.

Fonte: (SENSORMEDICA, 2020).

Na Figura 6 é mostrada a tela do *software* FreeStep. As cores estão relacionadas com a intensidade da pressão em áreas da região plantas dos pés. Nas tabelas encontram-se informações numéricas sobre o que está sendo demonstrado graficamente na tela.

Figura 6 - Demonstração Gráfica de Pressão FreeStep.



Fonte: (SENSORMEDICA, 2020).

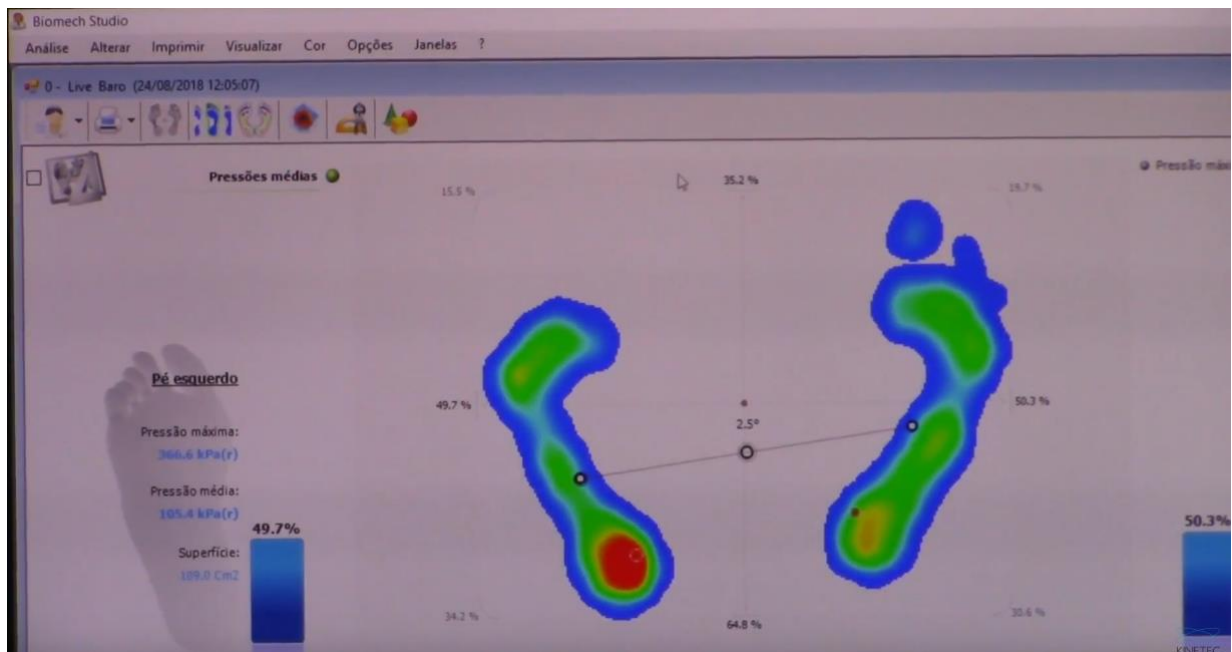
2.2. SOFTWARE BIOMECH STUDIO

O *software* Biomech Studio, da empresa Kinetec, é uma plataforma modular baropodométrica, com possibilidade de realizar análises estáticas e dinâmicas, possui imagens de alta resolução, recursos para confecção de palmilhas e realiza a exportação de dados CAD (*Computer-Aided-Manufacturing* e CAM (*Computer-Aided Manufacturing*) (KINETEC, 2020).

A empresa disponibiliza poucas imagens e não possui manual de instruções para o uso do *software* disponível com acesso livre. Utiliza *lives* no *Youtube* para demonstrar um pouco mais sobre o *software*.

Na Figura 7 é apresentada a tela de demonstração do gráfico de pressão, obtido com *software* Biomech Studio. As cores sendo alteradas também de acordo com a pressão exercida no local.

Figura 7 - Demonstração gráfica do Biomech Studio.



Fonte: (KINETEC, 2020).

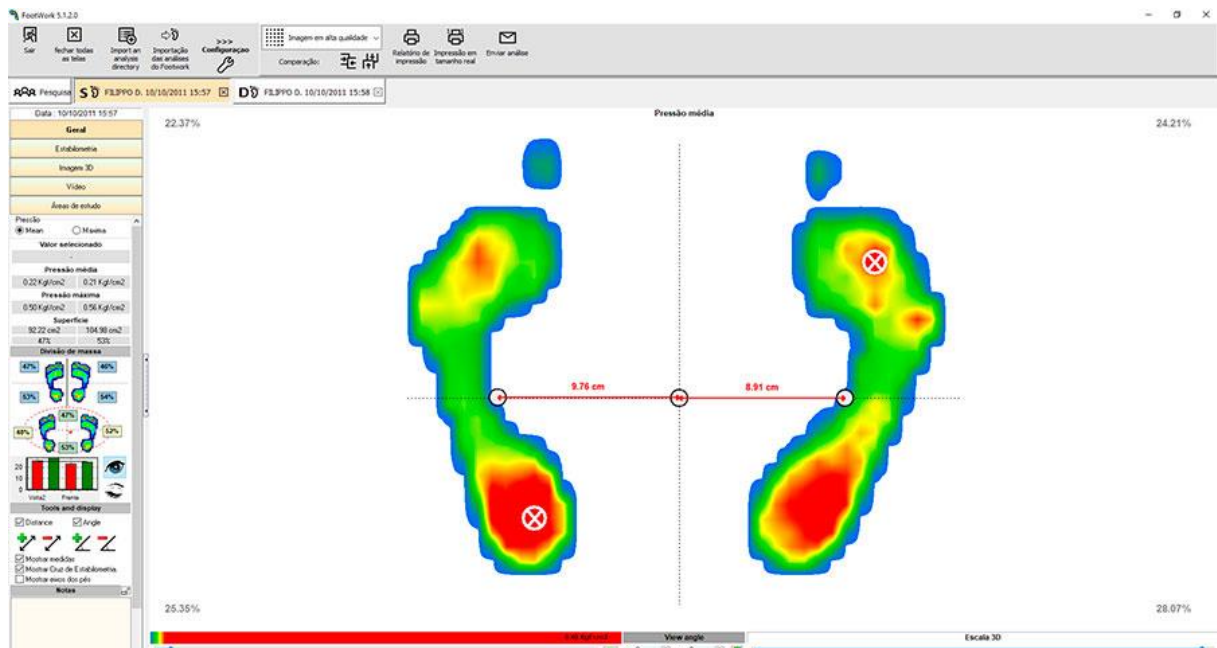
2.3 SOFTWARE FOOTWORK

O baropodômetro Footwork é um sistema de análise profissional que pode realizar análise estática, posturológica e dinâmica múltipla.

O programa FootWork permite um exame clínico mais aprofundado, apresentando informações sobre pressões médias, pressões máximas, tempo de contato do pé com o solo e integral pressão/tempo. Possui ainda análise estática e dinâmica em 3D (ARKIPELAGO, 2020).

A Figura 8 mostra graficamente a análise do programa FootWork, sendo possível visualizar as pressões em áreas da região plantar dos pés. Existem outros dados presentes à direita, como os ângulos dos pés e distância entre eles.

Figura 8 - Demonstração gráfica *software* FootWork.



Fonte: (ARKIPELAGO, 2020).

2.4 CARACTERÍSTICAS DO FOOT CHECKER

O Foot Checker (GHF-550) é um sistema usado principalmente para a análise estática e dinâmica da pressão nos pés e a marcha. Pode determinar a pressão estática e a dinâmica do pé, fazer análise da marcha, medir a distribuição da pressão, a pressão de pico de cada pé, determinar o posicionamento da palmilha, efetuar a análise do ângulo da posição do calcâneo em repouso (RCSP - Resting calcaneal stance position), do ângulo da marcha e de cada quadro da marcha, movimento do COP (*Center of Pressure* - Centro de Pressão Plantar) e análise de gráficos de força, teste de movimento da gravidade corporal (GHIWELL, 2020).

Na Figura 9, mostra-se o equipamento produzido pela empresa GHIWell acompanhado das imagens referentes ao Foot Checker *software*, que acompanha o equipamento para a coleta de dados e análise.

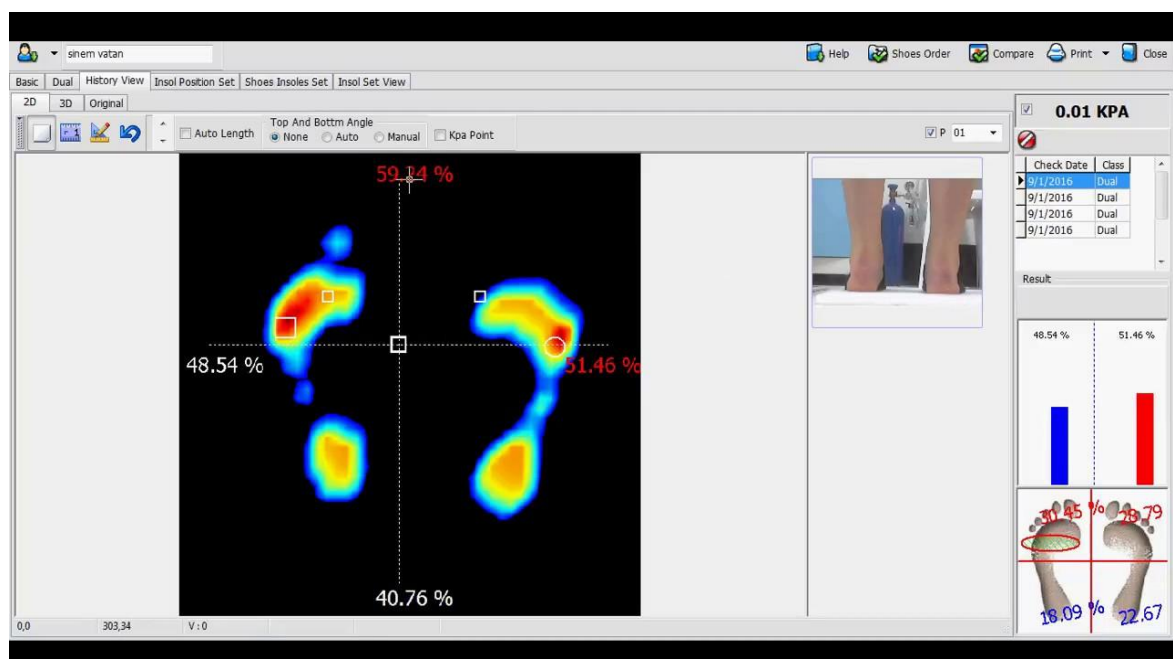
Figura 9 - Demonstração do equipamento e *software* Foot Checker.



Fonte: (GHIWELL, 2020).

Na Figura 10 mostra-se a tela de coleta de informações do *software* Foot Checker, podendo ser visualizada uma representação dos pés, além de uma visualização de câmera acoplada ao *software*.

Figura 10 - *Software* Foot Checker.



Fonte: (GHIWELL, 2020).

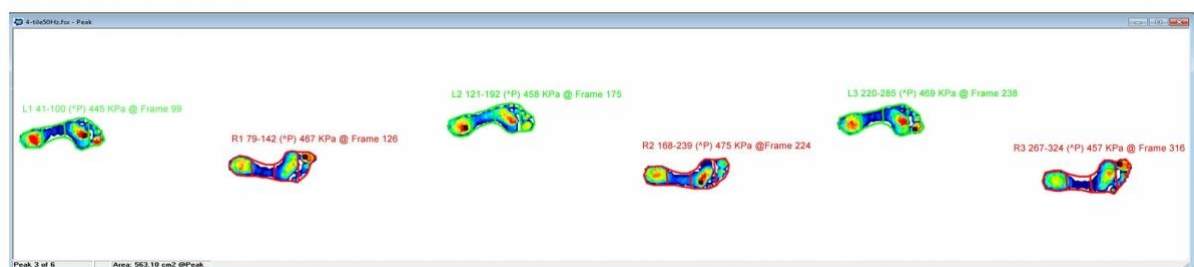
2.5 EQUIPAMENTOS TEKSCAN

A empresa Tekscan possui diferentes tipos de equipamentos de coleta de pressão na região plantar, entre eles o Strideway, o MatScan, o Sistema MobileMat e o Presto-Scan (TEKSCAN, 2020).

O equipamento Strideway fornece informações objetivas sobre força e pressão plantar, além de parâmetros temporais (tempo), espaciais (distância) e cinéticos (movimento).

O *software* do Strideway conta com recursos de coleta de dados em tempo real em 2D e 3D, comparações entre condições pré e pós-tratamento, curvas de pressão e força ao longo do tempo. Na Figura 11, mostra-se a segmentação para localizar as áreas específicas para a análise da pressão em marcha.

Figura 11 - Demonstração do software Strideway.



Fonte: (TEKSCAN, 2020).

Apresenta também cálculos sobre a marcha demonstrados na Figura 12, sendo divididos em tabela de marcha, na qual se mostra os principais valores para todo o ciclo:

- Tabela do ciclo de marcha e tabela passo a passo, nas quais fornece dados individuais para cada pé e diferença entre os pés;
- Tabela de simetria, a qual fornece o índice de simetria entre os lados direito e esquerdo, apresentando por meio de porcentagem;
- Tabela diferencial, que fornece o comparativo das diferenças entre os lados direito e esquerdo.

Figura 12 - Tabela de valores Strideway.

Gait Cycle Table				Step-Stride Table			
Gait Cycle Table (sec)				Step-Stride Table			
	Subject1				Subject1		
	Left	Right	R-L Diff		Left	Right	R-L Diff
Gait Cycle Time	1.48	1.48	0.00	Step Time (sec)	0.78	0.70	-0.09
Stance Time	1.00	1.02	0.02	Step Length (cm)	42.6	43.3	0.7
Swing Time	0.48	0.46	-0.02	Step Velocity (cm/sec)	54.4	62.2	7.8
				Step Length/Leg Length (ratio)	n/a	n/a	n/a
Single Support Time	0.43	0.45	0.02	Step Width (cm)	16.2	16.6	0.4
Initial Double Support Time	0.26	0.32	0.06				
Terminal Double Support Time	0.32	0.26	-0.06	Stride Time (sec)	1.48	1.48	0.00
Total Double Support Time	0.58	0.58	0.00	Stride Length (cm)	84.8	87.6	2.8
				Stride Velocity (cm/sec)	57.4	59.2	1.8
Heel Contact Time	0.73	0.80	0.07				
Foot Flat Time	0.56	0.45	-0.11	Maximum Force (%BW)	n/a	n/a	n/a
Midstance Time	0.45	0.48	0.03	Maximum Force (kg)	102.45	95.41	-7.04
Propulsion Time	0.27	0.21	-0.05	Impulse (%BW*sec)	n/a	n/a	n/a
Active Propulsion Time	0.01	0.03	0.03	Impulse (kg*sec)	68.91	60.98	-7.94
Passive Propulsion Time	0.26	0.31	0.05	Maximum Peak Pressure (KPa)	450	453	3
				FootAngle (degree)	7	12	5

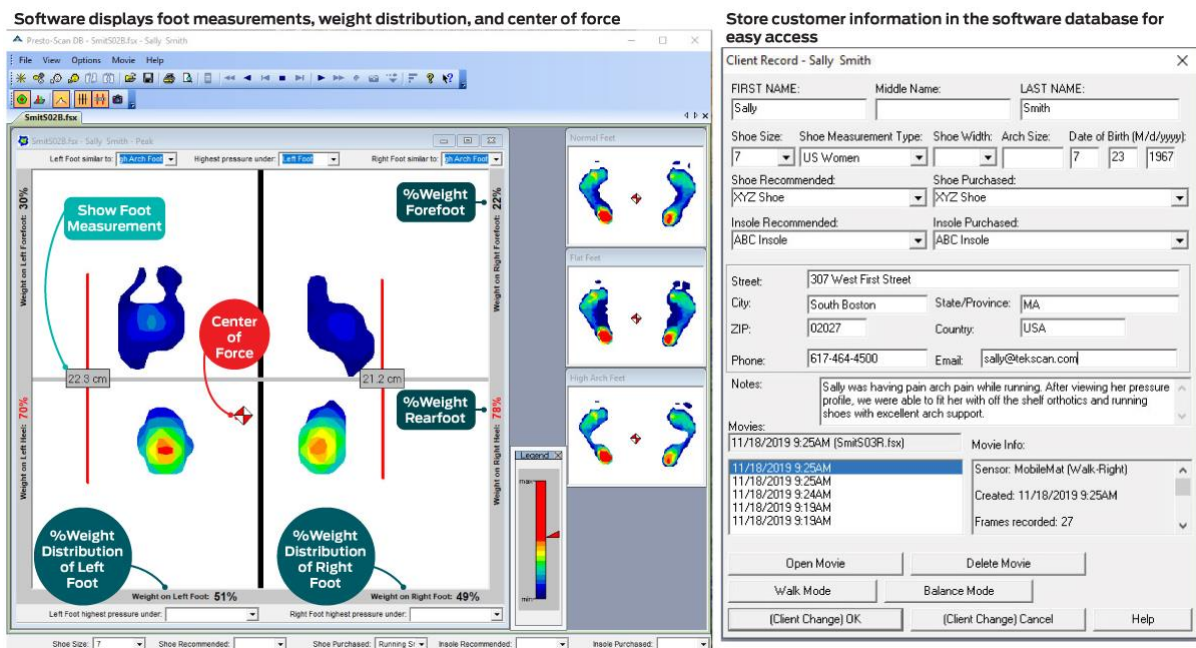
Fonte: (TEKSCAN, 2020).

O Presto-Scan, MatScan e MobileMat, também desenvolvidos pela empresa Tekscan, tem funcionalidade similar, exceto que o MobileMat e o Presto-Scan são portáteis. A similaridade do MatScan e MobileMat está atrelada a utilizarem o mesmo *software* FootMat que possui os recursos de análise automatizada e geração de relatórios, análise automatizada de três caixas que segmenta o pé em calcanhar, metatarso e todo o pé.

Além disso o *software* apresenta tabelas que inclui tempo de contato, taxas de carga e descarga, velocidades do centro de forças e força máxima. O Presto-Scan apesar de ter as funcionalidades bem parecidas, possui um sistema próprio onde, permite armazenar dados sobre informações do paciente, bem como criar campanhas de marketing direcionadas ao público mediante a base de dados (TEKSCAN, 2020).

A Figura 13 é uma representação do funcionamento do *software PrestoScan* e das informações presentes, tanto em relação aos dados dos pacientes, quanto em relação às análises realizadas nos pés.

Figura 13 - Tela PrestoScan.



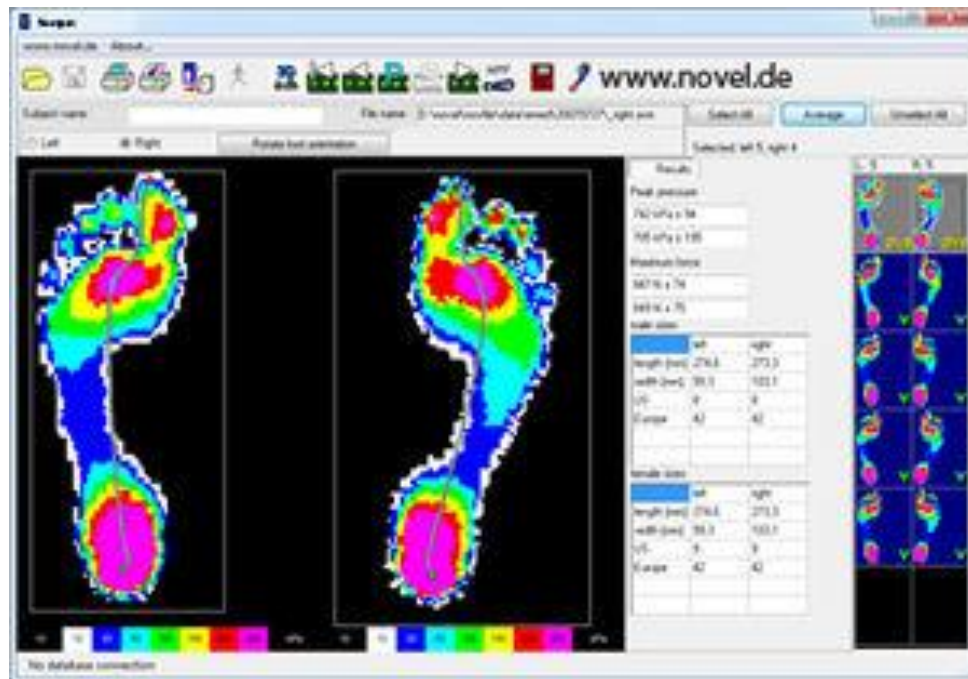
Fonte: (TEKSCAN, 2020).

2.6 SOFTWARE NOVEL

A Company Novel (NOVEL, 2020) também oferece ferramentas para medir a pressão dos pés, e sua plataforma possui conectividade, via USB, com *laptops* ou computadores desktop com Windows. Suas funções estão ligadas à medição da pressão dos pés de maneira estática e dinâmica, além de ao equilíbrio corporal. A plataforma está vinculada a um banco de dados da empresa e pode ser sincronizada com o Eletromiography e análise de marcha 3D.

A empresa disponibiliza poucas imagens em relação ao *software*, normalmente em baixa resolução mesmo, em seus canais oficiais, conforme se mostra na Figura 14.

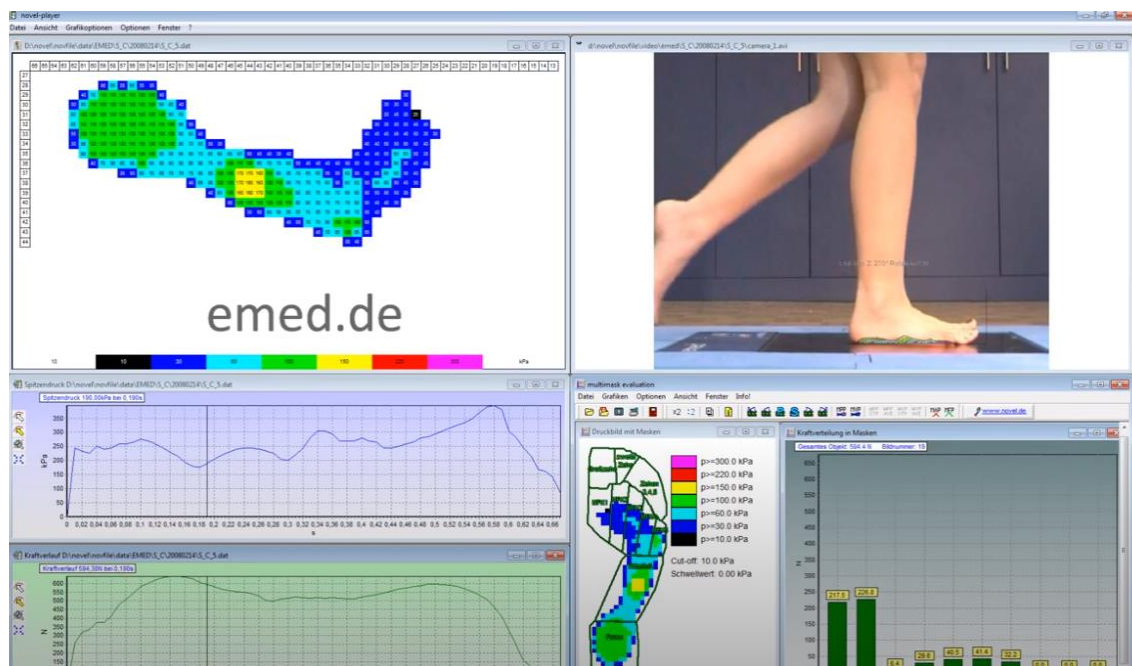
Figura 14 - Tela Software Emed Novel.



Fonte: (NOVEL, 2020).

A Figura 15, retirada do canal da empresa na plataforma de vídeos Youtube (YOUTUBE, 2020) está em resolução maior e demonstra o funcionamento da ferramenta.

Figura 15 - Tela de coletas.



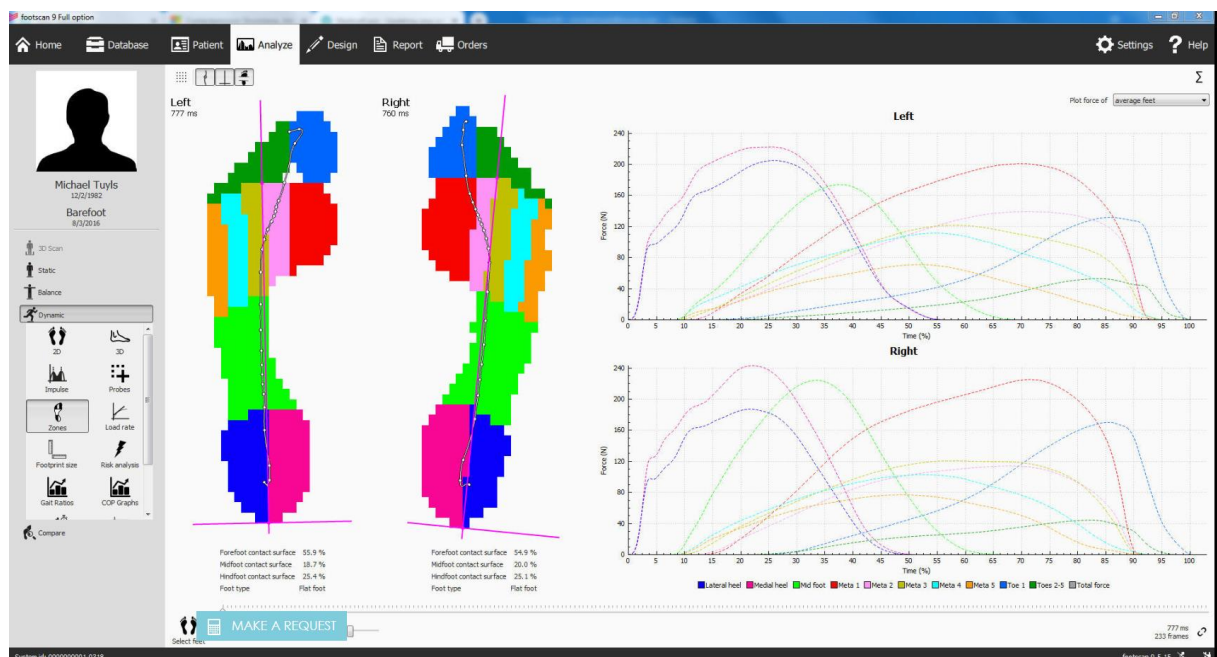
Fonte:(YOUTUBE, 2020).

2.7 SOFTWARE RSSCAN INTERNATIONAL

A FootScan é um *software* desenvolvido pela empresa RScan International, que tem como finalidade a coleta de informações dos movimentos dos pés durante a caminhada ou corrida, podendo ser visualizadas graficamente em 2D ou 3D. Também é possível comparar as medidas do paciente, com outros pacientes utilizando a base de dados da empresa. O *software* também gera relatórios personalizados e diretamente pelo *software* (RSSCAN, 2020).

Na Figura 16 é mostrada a tela de coletas de dados do FootScan e a demonstração gráfica por meio da representação gráfica dos pés e gráficos sobre os valores obtidos.

Figura 16 - Tela de coleta de dados RSScan.



Fonte: (RSSCAN, 2020).

Ao analisar os baropodômetros mencionados, percebe-se que existem características comuns entre eles, mesmo sendo de diferentes fabricantes e não tendo um padrão definido.

O levantamento das informações foi realizado de acordo com os dados que constam nos sites oficiais de cada um dos equipamentos e empresas. As lacunas, na Tabela, demonstram a falta da informação ou a falta da função no *software* de

acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Funcionalidades dos *softwares* para baropodômetros.

Equipamento	Análise E/D*	2D	3D	Rel*	Análise	Conexão USB	S.O*
FreeStep	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	
Biomech Studio	Sim	Sim				Sim	
Footwork	Sim		Sim	Sim	Sim	Sim	
FootChecker	Sim	Sim			Sim	Sim	
Strideway	Sim	Sim				Sim	Windows
PrestoScan	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Windows
Emed	Sim	Sim	Sim		Sim	Sim	Windows
FootScan	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Windows
*E/D – Estática e Dinâmica *Rel – Relatório *S.O – Sistema Operacional *As informações não divulgadas encontram-se em vazias.							

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante mencionar que as aplicações nas quais são citados seus sistemas operacionais (S.O), estão todos exclusivamente atreladas exclusivamente a versões do Microsoft Windows, tornando-se assim uma dificuldade a usuários de outros sistemas operacionais. Todos os equipamentos possuem conexão USB, sendo um ponto a ser trabalhado em relação à identificação das portas USB e suas taxas de transmissão.

2.8 BAROPODÔMETROS EM PESQUISAS CIENTÍFICAS

O *software* comercial geralmente é muito restrito às informações devido à segurança da empresa e também à competitividade do mercado. Durante a pesquisa, não foi encontrado nenhum meio de se obter este *software* separadamente.

Assim, é comum encontrar pesquisas com diferentes sistemas baropodométricos e diferentes protocolos de avaliação.

Nas análises realizadas em (BAUMFELD *et al.*, 2017), os indivíduos gastaram cerca de 60 segundos para realizar as calibrações e medições. Todos foram avaliados com um baropodômetro EPS R-1-KINETEC, usando o *software* Minitab 16 e também Excel 2013 para gerar estatísticas e dados cruzados. Uma coleta de dados de pacientes obesos foi realizada, e o cálculo estatístico utilizou o Epi-Info e o programa Bioestat 7.0.

O baropodômetro EPS KINETIC (TEKSCAN, 2020) foi utilizado com o *Software* BIOMECH STUDIO (Grupo Letsense) para realizar testes e obteve resultados positivos. Neste estudo, a plataforma modular de baropodometria e análise da marcha MPS Biomech® (LorAnEngineering, Bolonha, Itália), utilizada por Peixoto *et al.* (2017). No entanto, a plataforma foi conectada a um computador com o FootChecker® 4.0 *software* para analisar as variáveis de descarga estática de peso e dinâmica de interesse.

No estudo feito por Lago *et al.* (2020), testes foram realizados com várias pessoas usando a espera de 20 segundos na plataforma como padrão com indivíduos de diferentes sexos, idades e problemas de saúde. Foi utilizada a plataforma de baropodometria Footwork®. A plataforma foi conectada a um computador com um *software* ou dispositivo instalado para capturar o início de comandos e para concluir a avaliação.

A análise em indivíduos realizada por Souza *et al.* (2014) foi direcionada ao uso de hardware e *software* de baropodometria (Footwork; STIAM3, Goult, França) com uma superfície de 400/400 mm, captadores capacitivos 704 e frequência de 150 Hz.

O equipamento FootWork foi utilizado em vários estudos e apresentou resultados visuais e analíticos interessantes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O levantamento do estado da arte deste trabalho foi realizado nas plataformas IEEE Xplore, Scielo, ScienceDirect, ClinMedJournals, IOP Science, World Wide Science, BDTD, Science, BioMed, ACM, usando mecanismos de busca como Google Scholar e CAPES. O idioma inglês foi escolhido e os critérios de pesquisa foram: *Baropodometry*, *Baropodometer*, *Software Barodopometry*, *Application Barodopometry and Physical Gait Software*. Além dos termos em inglês, foram utilizados termos em português como: Baropodômetro, Baropodometria, *Software* para baropodometro, Pressão Plantar, Aplicativos para baropodometro.

Para o desenvolvimento do projeto foi escolhido a fundamentação do *software*, optando por estar de acordo com os padrões GNU/Linux atendendo as liberdades de um *software* livre, e utilizar de ferramentas gratuitas para o seu desenvolvimento.

3.1 LIBERDADES DE PADRÕES GNU/LINUX

O aplicativo desenvolvido está de acordo com os padrões GNU/Linux atendendo as liberdades para ser um *software* livre. Segundo a (GNU, 2020), considera-se *software* livre quando se atende às quatro liberdades:

1. A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
2. A liberdade de estudar o programa, e adaptá-lo para as suas necessidades;
3. A liberdade de redistribuir cópias do programa de modo que você possa ajudar o seu próximo;
4. A liberdade de modificar (aperfeiçoar) o programa e distribuir estas modificações, de modo que toda a comunidade se beneficie.

3.2 ORIENTAÇÃO A OBJETOS

Para o desenvolvimento do projeto foi escolhida a orientação a objetos como paradigma de programação, um modelo de análise baseada na composição e interação entre objetos que são representações abstratas de alguma entidade real (GUEDES, 2011).

A orientação a objetos tem o propósito de ser próxima ao pensamento e habilidade dos seres humanos de abstrair algo do mundo real para o mundo digital. ‘

Ao realizar a classificação de elementos reais que possuem características similares é possível determinar esse grupo como sendo uma classe.

Uma classe representa um grupo que possui características e ações similares que são denominados atributos e métodos. Para representar as informações de classes, atributos e métodos é utilizada a linguagem de modelagem UML (*Unified Modeling Language* ou Linguagem de Modelagem Unificada).

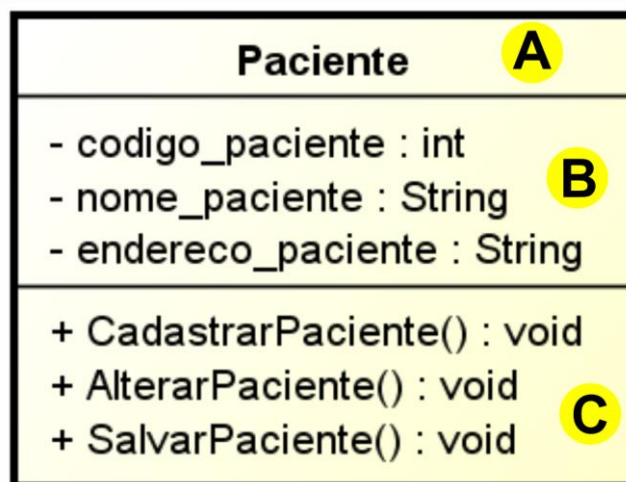
A UML é uma ferramenta eficaz para modelagem de processos automatizados. Permite migrar de maneira simples para qualquer tecnologia lógica programável e linguagem (GARCÉS; MAFLA; REYES, 2019).

A Figura 17 representa um modelo de classe Paciente, representado por meio do diagrama de classe da UML, possibilitando entender como serão distribuídos os dados e informações de um paciente.

A distribuição das informações em uma classe se dá inicialmente pelo item (A) que determina qual o nome da classe, posteriormente no item (B) encontra-se os atributos/características da classe, onde é determinado o nome do atributo e também qual o tipo de dado recebido pelo atributo. Os tipos estão classificados como padrão (int) para números inteiros; *string* para cadeias de caracteres ou textos.

No item (C) é possível identificar quais as ações podem ser executadas pela classe, sendo normalmente cadastros, alterações ou gravações.

Figura 17 - Exemplo de classe UML.



A orientação a objetos proporciona organização e reutilização de código fonte, além de facilitar atualizações e manutenções no mesmo.

A orientação a objetos consiste em definir as classes que representaram os atores e entidades envolvidas no problema, bem como suas interações e relacionamentos, buscando definir os atributos e operações necessárias para descrever o problema.

A representação por meio da UML possui a descrição das características estáticas e dinâmicas de uma classes, além da interação entre classes para oferecer uma representação concreta acerca do entendimento dos requisitos funcionais que o sistema necessita (GUEDES, 2011).

3.3 PADRÕES MVC E DAO

O *Model-View-Controller* (MVC) é um padrão de arquitetura de aplicações que divide a aplicação em três camadas: a visão (*view*), o modelo (*model*) e o controlador (*controller*) (THAKUR; PANDEY, 2019). O padrão MVC foi desenvolvido em 1978 por Trygve Reenskaug com a finalidade de ser utilizado como arquitetura para aplicativos *desktops*. Entretanto o mesmo ganhou destaque em aplicações *web* e *mobile* tornando assim o padrão um dos mais utilizados pelos desenvolvedores (REENSKAUG, 2003).

Modelo é a camada que contém a lógica da aplicação, sendo responsável pelas regras de negócio. Para sistemas persistentes, ela representa a informação (dados) dos formulários, além de fornecer o controle à capacidade de acessar as funcionalidades da aplicação (REENSKAUG, 2003).

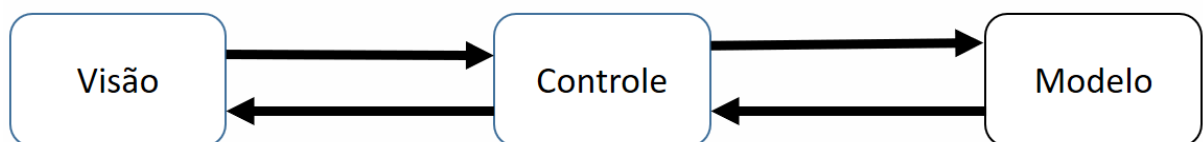
A visão é a camada de apresentação com usuário, é a interface que proporcionará à entrada de dados e a visualização de respostas geradas. A visão deve garantir que sua apresentação reflita o estado do modelo. Essa camada não contém códigos relacionados à lógica de negócios, ou seja, todo o processamento é feito pelo Modelo e este repassa para a visão (REENSKAUG, 2003).

O controlador funciona de intermediário entre a camada de apresentação e a camada de negócios. Sua função como já diz é controlar e coordenar o envio de requisições feitas entre a visão e o modelo.

O controlador define o comportamento da aplicação, o controle é quem interpreta as solicitações (cliques, seleções de menus) feitas por usuários com bases nestes requerimentos. O controlador comunica-se com o modelo que seleciona a visão e atualiza-a para o usuário, ou seja, o controlador controla e mapeia as ações (REENSKAUG, 2003).

A Figura 18 representa o funcionamento do padrão em MVC e o relacionamento entre as camadas.

Figura 18 - Representação padrão MVC (Model-View-Controller).



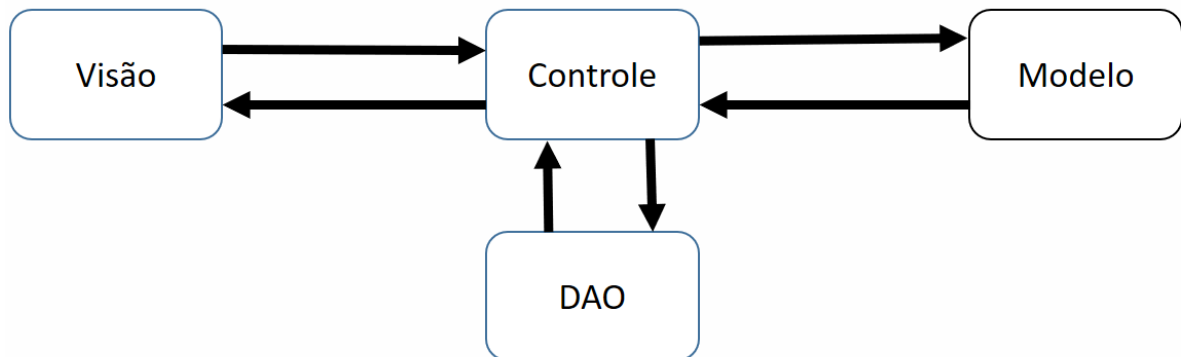
Fonte: Elaborado pelo autor.

O padrão de projeto DAO (*Data Access Object*) surgiu com a necessidade de separar a lógica de negócios da lógica de persistência de dados. Este padrão permite mudar a forma de persistência sem que isso influencie em nada na lógica de negócio (MATIC; BUTORAC; KEGALJ, 2004)

Classes DAO são responsáveis por trocar informações com o SGBD (Sistema Gerenciador de Banco de Dados) e fornecer operações de cadastro, alteração, exclusão e de pesquisas. Elas devem ser capazes de buscar dados no banco e transformar esses em objetos ou lista de objetos. Também deverão receber os objetos, converter em instruções SQL e mandar para o banco de dados (LE; DAO; TRUONG, 2017)

A Figura 19 demonstra o funcionamento do padrão MVC em conjunto com a DAO.

Figura 19 - Representação padrão MVC e DAO.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4 LINGUAGEM JAVA

Para o desenvolvimento do sistema foi escolhido a linguagem Java, visto que a mesma atende um requisito que a torna bem relevante, uma vez que ela é compatível com todos os sistemas operacionais utilizados em computadores.

A versatilidade, eficiência, portabilidade de plataforma e segurança tornam a tecnologia Java ideal para a computação de rede, de laptops a datacenters, consoles de games a supercomputadores científicos, telefones celulares e também da Internet.

Atualmente a comunidade de usuários Java é uma das maiores entre as linguagens de programação, demonstra o quão grande é essa comunidade, com mais de 9 milhões de desenvolvedores. O Java está presente em 97% dos *Desktops* Corporativos, 89% dos *Desktops* executam Java, sendo a plataforma de desenvolvimento mais utilizada atualmente (JAVA, 2020).

A linguagem Java utiliza o paradigma de Orientação a Objetos e, portanto, é possível utilizar classes e suas derivações, possibilitando assim o uso do conceito de herança a qual constitui a utilização de classes mãe (superclasse) e classes filhas (subclasse) que permite herdar atributos e métodos de uma classe mãe para uma classe filha, sem a necessidade de reescrever os códigos.

Neste mesmo segmento também é possível utilizar o conceito de polimorfismo que possibilita o uso de métodos com o mesmo nome, porém que possuem implementações e, conseqüentemente, funções diferentes dentro de um *software*.

A linguagem Java permite ainda o uso de métodos que permitem o acesso e a comunicação entre classes, denominados métodos *getters*, para resgatar os dados e *setters* para enviar os dados.

3.5 IDE – APACHE NETBEANS

A IDE (*Integrated Development Environment*), ambiente de desenvolvimento integrada utilizada no projeto, foi o Apache Netbeans. Esta ferramenta, fácil e rápida para a edição de códigos, destaca o código fonte sintaticamente e semanticamente, possibilitando refatorar o código com facilidade. A mesma pode ser instalada em todos os sistemas operacionais que suportam Java. Seu código é aberto e gratuito (NETBEANS, 2020).

3.6 BANCO DE DADOS – POSTGRESQL

O PostgreSQL é um SGBD de código aberto que possui mais de 30 anos de desenvolvimento ativo. Sua arquitetura ganhou uma forte reputação nos quesitos confiabilidade, integridade de dados e conformidade a padrões (POSTGRESQL, 2020).

Como o sistema foi desenvolvido em Java, e o PostgreSQL possui uma interface nativa de programação com esta linguagem, foi mais fácil trabalhar em conjunto com este SGBD, pois além de ser conhecido por sua confiabilidade, integridade de dados e conformidade a padrões, o PostgreSQL suporta grandes bases de dados, tornando-o assim um SGBD robusto, seguro e além de tudo *open source* (POSTGRESQL, 2020).

3.7 MYSQL WORKBENCH

O MySQL Workbench é uma ferramenta visual unificada para arquitetos de banco de dados, desenvolvedores e administradores de banco de dados. Seu principal fator de uso no projeto foi para a modelagem e a confecção de um DER (Diagrama de Entidade-Relacionamento). Este diagrama tem o propósito de demonstrar visualmente como está montada a estrutura do banco de dados, indicando cada entidade e seus respectivos atributos e relacionamentos, facilitando assim o entendimento do funcionamento do banco de dados (MYSQL, 2020).

Para a confecção do DER foi estabelecida a normalização do banco de dados, que está ligado ao processo de modelar e projetar como as informações serão armazenadas para eliminar a redundância no banco de dados.

A chave primária é um item essencial na organização e também na normalização do banco, a chave primária. É um campo ou conjunto de campos com valores exclusivos por toda a tabela. Os valores da chave podem ser usados para se referir aos registros inteiros, porque cada registro tem um valor diferente para a chave.

O procedimento de normalização de banco de dados é feito de acordo com a identificação de uma anomalia em uma relação, decompondo-as em relações separadas e estruturadas.

A primeira forma normal tem o intuito de reprovar atributos multivalorados, reprovar atributos compostos, manter somente valores atômicos que são simples e indivisíveis.

A segunda forma normal só é implementada se as tabelas do banco de dados já estiverem passado pela primeira forma normal e houver a necessidade de remoção de dependências parciais e verificar a dependência de atributos não-chave em relação as chaves primárias.

A terceira forma normal é direcionada a remoção de dependência transitiva de um atributo não-chave sobre a chave primária e tem o intuito de remover as dependências transitivas de um atributo que não seja chave primária e decompor e

montar uma nova relação que inclua os atributos não-chave que determinam funcionalmente outros atributos não-chave.

A quarta forma normal é utilizada para eliminar as dependências multivaloradas.

A quinta forma normal tem o intuito de fazer com que toda dependência de uma junção seja consequência das chaves candidatas da junção.

3.8 BIBLIOTECAS JAVA

As bibliotecas são um conjunto de funções prontas que tem o intuito de auxiliar alguns processos no desenvolvimento, permitindo assim que este seja mais fácil e rápido. Uma das grandes vantagens das bibliotecas é que estas podem ser utilizadas em diferentes projetos (ZANETTE, 2020)

3.8.1 Jfreechart

O JFreeChart é uma biblioteca de gráficos Java 100% gratuita que facilita aos desenvolvedores exibir gráficos de qualidade profissional em seus aplicativos. O JFreeChart possui um conjunto de características que são diferenciais em sua utilização, pois é consistente e bem documentado, suportando uma ampla variedade de tipos de gráficos, possui um design flexível que é fácil de estender e direciona os aplicativos do lado do servidor e do lado do cliente. O JFreeChart também pode gerar arquivos de imagem (incluindo PNG e JPEG) e formatos de arquivos gráficos vetoriais (incluindo PDF, EPS e SVG). O JFreeChart é *open source* ou, mais especificamente, *software* livre. Ele é distribuído sob os termos da GNU LGPL(Lesser General Public License), que permite o uso em aplicativos proprietários (JFREE, 2020).

3.8.2 Jheatchart

O JHeatChart é uma biblioteca Java simples para gerar gráficos de mapas de calor para saída como arquivos de imagem ou uso em interfaces para usuários. É *open source* sob uma licença LGPL. Ele permite gerar gráficos em imagem nos formatos .png, .jpg ou .gif, sendo possível personalizar as cores, dimensões e fontes. Esta foi a biblioteca utilizada para o desenvolvimento do *software* (JAVAHEATMAP, 2020).

3.9 CLASSE ABSTRATA GRAPHICS

Para a criação dos gráficos, optou-se pelo uso de uma classe nativa abstrata do Java denominada *Graphics*, responsável por trazer contextos gráficos que permitem desenhar em componentes Java. A ferramenta permite o desenho de diferentes formas geográficas com diferentes tamanhos sendo estes determinados pelo desenvolvedor, estas formas podem ser vazias (somente bordas) ou preenchidas com coloração (ORACLE, 2020).

A classe possui diversos comandos exclusivos da mesma para a confecção dos desenhos. A Tabela 3 demonstra os comandos utilizados no projeto.

Tabela 3 - Comandos utilizados *graphics*.

Método	Descrição
drawRect (int x, int y, int width, int height)	Desenha um retângulo
drawString(String str, int x, int y)	Desenha o texto especificado pela str
fillRect(int x, int y, int width, int height)	Preenche o retângulo especificado
setColor(Color c)	Define a cor atual dos desenhos

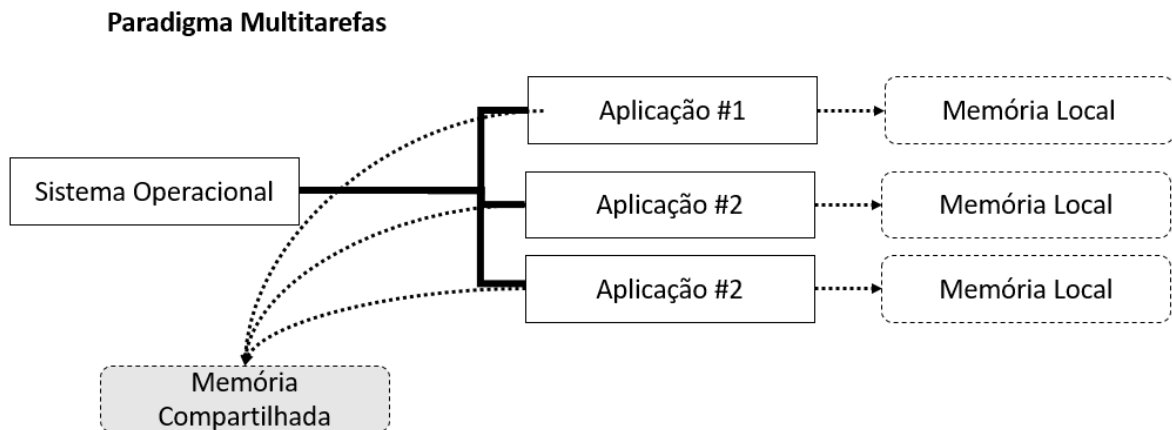
Fonte: Elaborada pelo autor.

3.10 THREADS EM JAVA.

Em um sistema operacional, os programas funcionam em multitarefas, executando aplicações distintas. Essas são executadas em paralelo e utilizam memória local. Estas memórias fazem parte da memória total do computador, são

divididas entre as aplicações e utilizadas em paralelo (OAKS; WONG, 2004). Na figura 20, mostra-se o processo de divisão de aplicações e memórias.

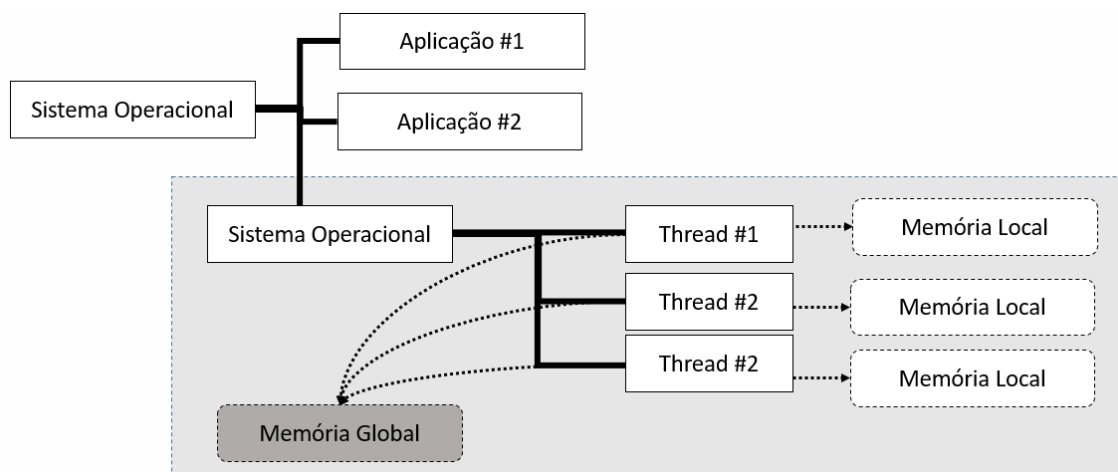
Figura 20 - Paradigma multitarefas.



Fonte: Adaptado de (OAKS; WONG, 2004).

Com o uso de *threads* em Java um processo similar é aplicado, porém dentro da própria aplicação, este procedimento possibilita que uma aplicação em Java tenha atualizações mais rápidas e consigo obter informações em tempo real, executando diferentes tarefas em uma mesma aplicação (OAKS; WONG, 2004). Na Figura 21 demonstra-se o funcionamento dos *threads* em uma aplicação Java.

Figura 21 - Paradigma *threads*.



Fonte: Adaptado de (OAKS; WONG, 2004).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As discussões e resultados obtidos no projeto referem-se ao desenvolvimento do software no que caracteriza sua identidade visual, sua estrutura em relação ao armazenamento de dados, seus atributos e suas funções.

4.1 IDENTIDADE VISUAL

A identidade visual do projeto está vinculada ao Deus da mitologia grega Hermes, considerado um dos deuses do olímpicos, filho de Zeus e de Maia, considerado mensageiro oficial das divindades do olimpo. Algumas vezes sendo citado como Deus dos pesos e medidos, porém suas características mais marcantes está sua agilidade e velocidade, sendo representada normalmente pelas sandálias aladas, o que inspirou a vincular isso à identidade visual do *software* que está ligado aos pés e a agilidade do sistema em coletar e guardar as informações. A Figura 22 mostra o logo do sistema vinculado a inspiração da figura de Hermes Deus Grego.

Figura 22 - Identidade Visual – Hêrmes Baropodômetro.



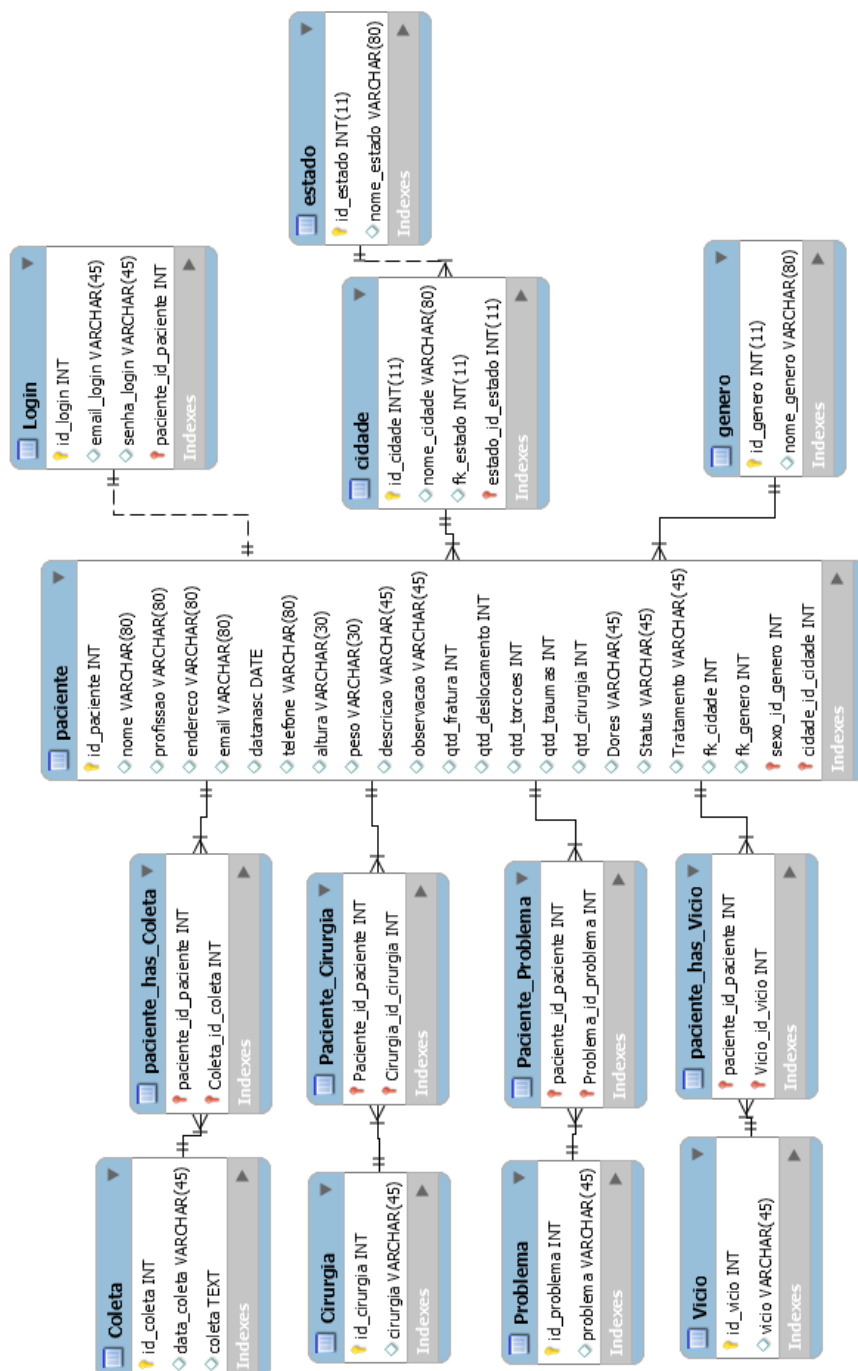
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 BANCO DE DADOS DO SISTEMA

O projeto conta com uma base de dados que atende aos requisitos do mesmo, mas que pode ser estendida de acordo com a necessidades futuras que venham a aparecer mediante a mudanças de hardware ou adaptação.

O banco de dados está relacionado diretamente aos dados que forem armazenados por toda aplicação contemplando cada item passível de informação, para a visualização da base de dados utiliza-se o diagrama de entidade relacionamento (DER), conforme mostrada Figura 23 onde estão presentes as entidades disponíveis no banco de dados e suas respectivas ligações.

Figura 23 - Diagrama de Entidade Relacionamento (DER).



Fonte: Elaborada pelo autor.

No diagrama de entidade-relacionamento na figura 23, são representadas graficamente as tabelas do banco de dados, proporcionando assim uma visão mais ampla de como são inseridos os dados no banco de dados.

Na figura 23 é possível ver como é o relacionamento entre as tabelas sendo essas divididas de três formas estabelecidas pelo relacionamento um para um, que ocorre quando a tabela x do banco de dados pode se relacionar apenas uma vez com a tabela y, sendo que a tabela y também poderá se relacionar apenas uma vez com a tabela x.

O desenvolvedor escolhe qual das tabelas receberá a chave primária da outra, denominada chave estrangeira; Relacionamento um para muitos: Ocorre quando a tabela x do banco de dados pode se relacionar somente uma vez com a tabela y, entretanto a tabela y pode se relacionar várias vezes com a tabela x.

Quando este tipo de relacionamento ocorre a tabela que se relaciona muitas vezes aqui exemplificada pela letra y recebe a chave primária da tabela que se relaciona somente uma única vez; Relacionamento muitos para muitos: Ocorre quando ambas as tabelas podem se relacionar inúmeras vezes entre si.

Quando este tipo de relacionamento ocorre a tabela que se relaciona muitas vezes aqui exemplificada pela letra y recebe a chave primária da tabela que se relaciona somente uma vez.

4.3 SOFTWARE HERMES BAROPODÔMETRO

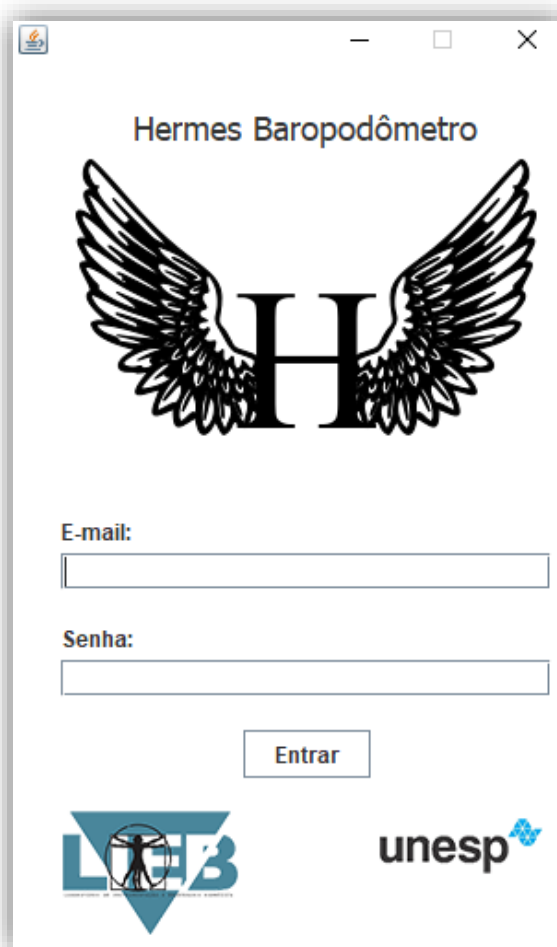
O *software* de baropodômetro para o LIEB, denominado Hermes Baropodômetro tem o intuito de criar uma aplicação que seja intuitiva, fácil e segura para que seja uma alternativa aos *softwares* comerciais e que possa ser utilizado por alunos, profissionais da área e principalmente por membros do LIEB. O *software* possibilita a coleta de informações por sensores via conexão USB ou inserção manual, sendo que estas informações são armazenadas no *software* que tem a finalidade de gerar gráficos similares aos obtidos pelos *softwares* comerciais. O projeto está diretamente ligado ao projeto desenvolvido por CASTRO (2016) e por (CASTRO, 2019).

O *software* possui um controle de armazenamento das informações pertinentes aos voluntários ou pacientes, no que diz respeito às suas informações básicas e também informações sobre sua saúde e o acompanhamento das coletas de dados provenientes do baropodômetro.

4.4 INTERFACES PARA GERENCIAMENTO DE DADOS DOS PACIENTES

Na Figura 24 mostra-se a tela inicial do sistema, para a segurança do sistema foi criado uma tela de *login*, onde o usuário somente tem acesso se for previamente cadastrado, a senha conta com criptografia para a proteção dos dados inseridos na senha pelos profissionais e estudantes.

Figura 24 - Tela de Login.

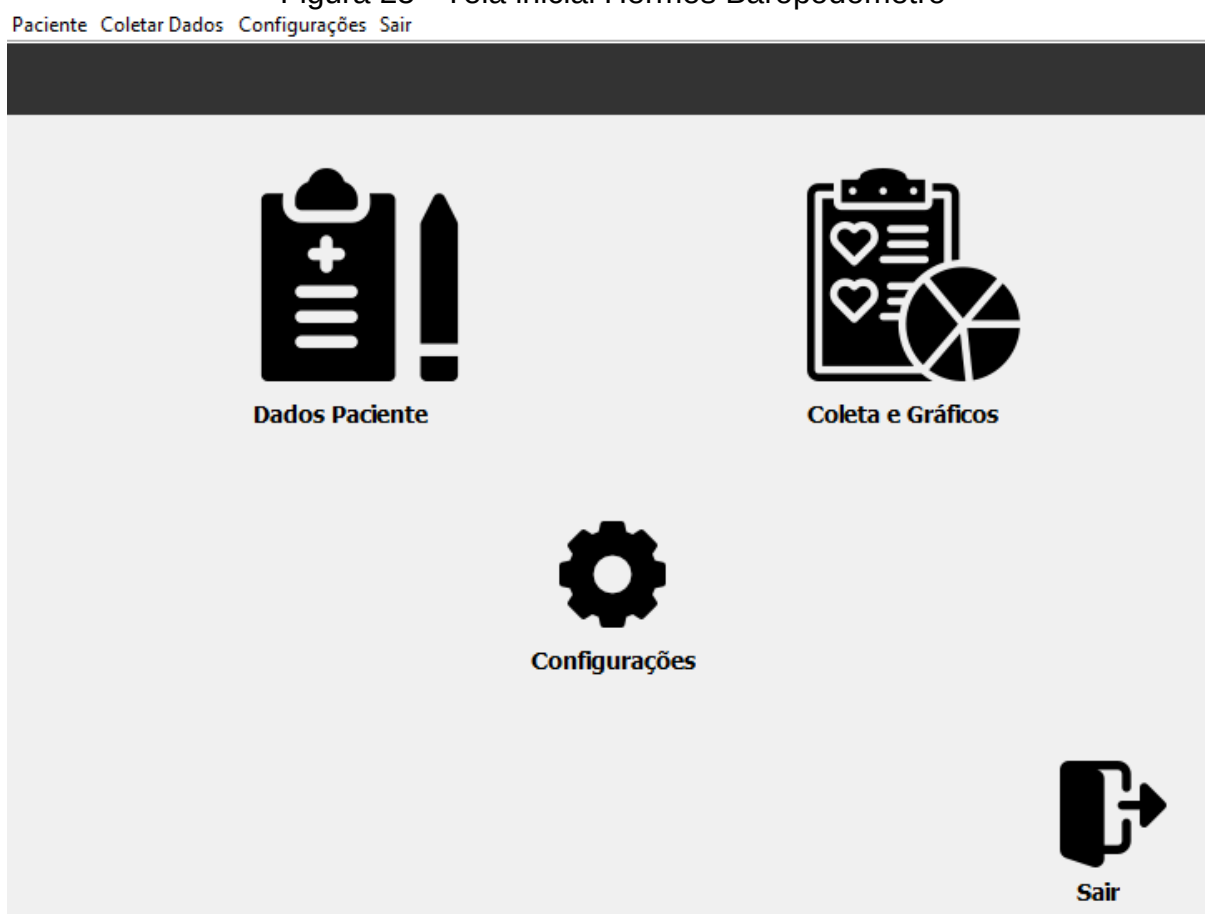


A imagem mostra a interface de login de um sistema web. No topo, há uma barra de título com o ícone do sistema e os botões de minimizar, maximizar e fechar. O título principal é "Hermes Baropodômetro". Abaixo do título, há um logotipo que consiste em uma letra "H" estilizada com asas de anjo. Abaixo do logotipo, há dois campos de entrada: "E-mail:" e "Senha:". Abaixo dos campos, há um botão "Entrar". No rodapé, há dois logotipos: "LIEB" e "unesp".

Fonte: Elaborada pelo autor.

A tela inicial do sistema, Figura 25, possui duas formas de acesso, sendo uma via menus superiores ou pelos ícones de acesso presentes no centro da tela com suas respectivas indicações, dados do paciente, gerar gráficos, configurações e a opção de *logout* (sair do usuário).

Figura 25 - Tela inicial Hermes Baropodômetro



Fonte: Elaborado pelo autor.

A tela de cadastro foi desenvolvida para o cadastrar, alterar, salvar, desativar e pesquisar os pacientes ou voluntários, buscando manter o cadastro na base de dados com os principais dados.

Na Figura 26 demonstra-se a disposição dos campos e botões disponíveis para o cadastro de dados, os campos não são obrigatórios, portanto os dados podem ser inseridos e alterados conforme necessidade e mudanças providas dos pacientes, no cadastro é possível a inserção de dados para a identificação, localização e comunicação com o paciente, este formulário possui diversas guias

que serão responsáveis por diferentes informações do paciente, porém a junção de todas é responsável por compor o cadastro completo do usuário.

Figura 26 - Imagem da Tela de Cadastro.

A imagem mostra uma janela de software intitulada "Cadastro de Paciente". No topo, há uma barra de navegação com abas: "Dados Pessoais", "Dados Médicos", "Problemas", "Cirurgias", "Vícios" e "Status". A aba "Dados Pessoais" está selecionada. À esquerda, há um menu vertical com ícones e rótulos: "Novo" (ícone de documento com sinal de mais), "Salvar" (ícone de checkmark), "Editar" (ícone de lápis) e "Pesquisar" (ícone de lupa). O formulário principal contém os seguintes campos:

Nome:	Profissão:	Endereço:
José Paulo Codinhoto	Professor	Rua 10
E-mail:	Data de Nascimento:	Telefone:
codinhoto92@gmail.com	16/03/1992	(17) 99635-4831
Gênero:	Estado:	Cidade:
Masculino	São Paulo	Urânia
Descrição:		
Paciente Teste		
Observação:		

Fonte: Elaborado pelo autor.

A guia dados médicos, Figura 27, possui campos referentes aos dados médicos do paciente como sua massa e altura, e seu histórico ortopédico a qual deve constar a quantidade de fraturas, deslocamentos, torções, traumas, cirurgias e o paciente pode indicar também se possui dores, destacando quais as dores sentidas e sua intensidade e demais informações referentes a dores, possibilitando assim um cuidado maior em relação ao paciente na hora da análise.

Figura 27 - Dados Médicos.



Cadastro de Paciente

Dados Pessoais | **Dados Médicos** | Problemas | Cirurgias | Vícios | Status

Medidas

Massa (kg): 125 Altura (m): 1,80

Histórico Ortopédico

Fraturas: 0

Torções: 0

Cirurgias: 0

Deslocamento: 0

Traumas: 0

Dores:

Novo

Salvar

Editar

Pesquisar

Fonte: Elaborada pelo autor.

A guia problemas, Figura 28, está direcionada ao cadastro de problemas de saúde que o paciente possui. Estes problemas podem ser adicionados a partir de problemas previamente cadastrados ou o profissional que está utilizando o *software* pode realizar novos cadastros de problemas a qualquer momento, possibilitando assim adaptabilidade a realidade local.

Figura 28 - Problemas do Paciente.



Cadastro de Paciente

Dados Pessoais | Dados Médicos | **Problemas** | Cirurgias | Vícios | Status

Problema
 Diabetes + -

Outro: ADD +

Código Paciente	Código Problema	Problema
2	1	Hipertensão
2	2	Diabetes

Novo
 Salvar
 Editar
 Pesquisar

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na Figura 29 demonstra-se uma funcionalidade similar a Figura 28, porém direcionada a uma situação diferente, nesta guia cadastra-se cirurgias que o paciente tenha feito e que possam interferir no processo.

Figura 29 - Cirurgias do Paciente.

Novo

Salvar

Editar

Pesquisar

Dados PessoaisDados MédicosProblemasCirurgiasVíciosStatus

Cirurgias

Hérnia

Outro: ADD

Código Paciente	Código Cirurgia	Cirurgia
2	1	Hérnia

Fonte: Elaborada pelo autor.

A guia demonstrada na Figura 30 tem funcionalidade e adaptabilidade similar às das Figuras 28 e 29, porém direcionada a vícios que os pacientes possam ter.

Figura 30 - Vícios dos Pacientes.

Novo

Salvar

Editar

Pesquisar

Dados PessoaisDados MédicosProblemasCirurgiasVíciosStatus

Vícios

Alcoólatra

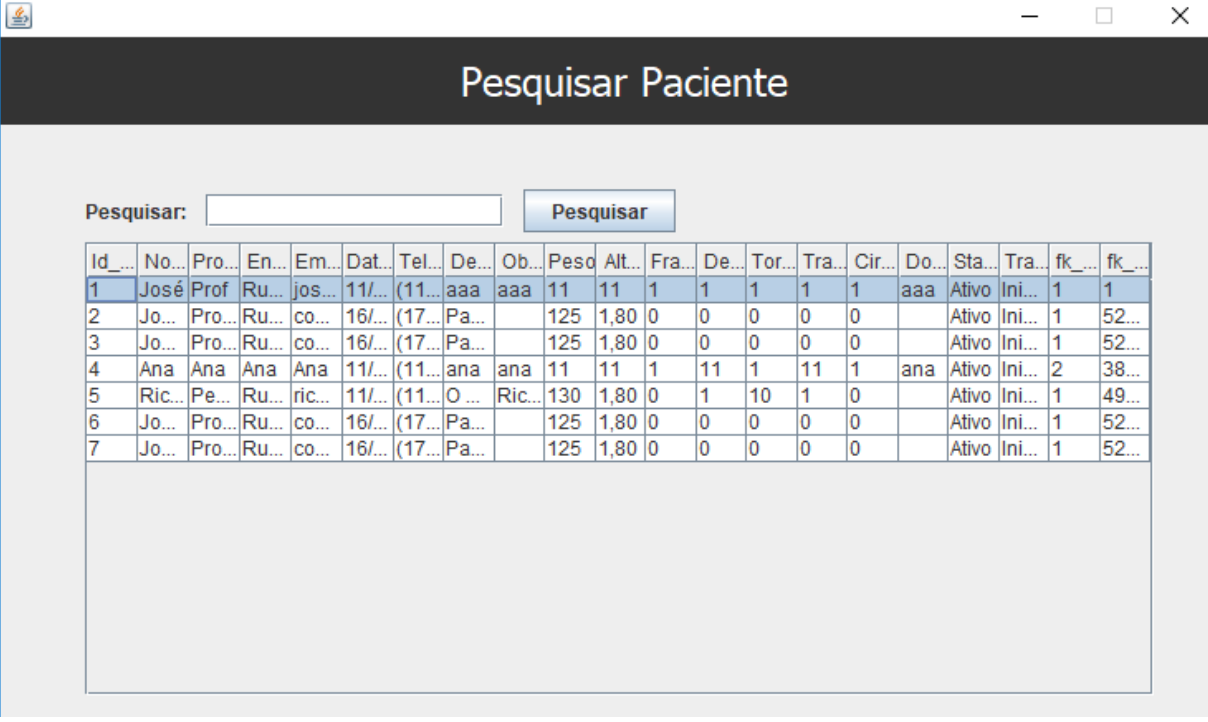
Outro: ADD

Código Paciente	Código Vício	Vício
2	1	Fumante
2	2	Alcoólatra

Fonte: Elaborada pelo autor.

Os dados podem ser resgatados utilizando o botão pesquisar e procurar pelo nome do paciente e verificar os que estão ativos e inativos no sistema, conforme demonstrada na Figura 31.

Figura 31 - Imagem da Tela de Pesquisa.



Id_...	No...	Pro...	En...	Em...	Dat...	Tel...	De...	Ob...	Peso	Alt...	Fra...	De...	Tor...	Tra...	Cir...	Do...	Sta...	Tra...	fk_...	fk_...
1	José	Prof	Ru...	jos...	11/...	(11...	aaa	aaa	11	11	1	1	1	1	1	aaa	Ativo	Ini...	1	1
2	Jo...	Pro...	Ru...	co...	16/...	(17...	Pa...		125	1,80	0	0	0	0	0		Ativo	Ini...	1	52...
3	Jo...	Pro...	Ru...	co...	16/...	(17...	Pa...		125	1,80	0	0	0	0	0		Ativo	Ini...	1	52...
4	Ana	Ana	Ana	Ana	11/...	(11...	ana	ana	11	11	1	11	1	11	1	ana	Ativo	Ini...	2	38...
5	Ric...	Pe...	Ru...	ric...	11/...	(11...	O ...	Ric...	130	1,80	0	1	10	1	0		Ativo	Ini...	1	49...
6	Jo...	Pro...	Ru...	co...	16/...	(17...	Pa...		125	1,80	0	0	0	0	0		Ativo	Ini...	1	52...
7	Jo...	Pro...	Ru...	co...	16/...	(17...	Pa...		125	1,80	0	0	0	0	0		Ativo	Ini...	1	52...

Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 32 está relacionada ao *status* do paciente dentro do sistema, este pode estar como ativo indicando que o mesmo está atualmente participando ativamente de uma pesquisa ou pode assumir o como inativo indicando que o mesmo não participa mais de uma pesquisa ou não frequenta o laboratório, porém os dados desse paciente não são apagados.

Os dados continuam no sistema e podem ser resgatados a qualquer momento, possibilitando assim uma continuidade nas análises ou tratamento. Cabe ao profissional escolher em qual etapa ou processo está o tratamento daquela paciente.

Ao cadastrar um novo paciente seu status é definido automaticamente como ativo e seu tratamento como inicial.

Figura 32 - Informações sobre o status do Paciente.

A interface 'Cadastro de Paciente' apresenta uma barra superior com o título 'Cadastro de Paciente'. Abaixo, há uma série de abas: 'Dados Pessoais', 'Dados Médicos', 'Problemas', 'Cirurgias', 'Vícios' e 'Status', sendo esta última a selecionada. À esquerda, um menu vertical contém ícones e rótulos para 'Novo', 'Salvar', 'Editar' e 'Pesquisar'. O conteúdo principal da aba 'Status' é dividido em seções: 'Status do Paciente' com um ícone de coração e eletrocardiograma, e opções de rádio para 'ATIVO' (selecionada) e 'INATIVO'; 'Processo do Tratamento' com um menu suspenso atualmente em 'Início'; e 'Verificar Análises' com um ícone de lupa e eletrocardiograma.

Fonte: Elaborado pelo autor.

No sistema o usuário pode retornar à tela principal e escolher a opção de configurações, Figura 33, podendo optar por uma conexão local sendo somente na máquina em que o *software* está instalada, esta opção está sempre como a padrão quando inicializado o *software*.

A opção Conexão Remota demanda de um endereço de IP remoto que pode ser inserido pelo usuário, este IP refere-se a um servidor de banco de dados que esteja hospedado na internet. Este recurso possibilita a integração do sistema com uma base remota e o compartilhamento de uma mesma base de dados, além da segurança em gravar os dados em diferentes ambientes servindo como backup.

4.5.1 Desenvolvimento da matriz gráfica

Os dados obtidos por meio de sensores se caracterizam em números dentro de um vetor trazendo complexidade ao se analisar esses dados em sua forma bruta, sendo conveniente transformar esses dados em uma imagem ou gráfico, destacando cores e formatos diferentes, facilitando assim a análise e compreensão dos dados.

Para o desenvolvimento de uma matriz gráfica em Java foram realizados diversos testes utilizando bibliotecas gráficas como Jfreechart e Jheatchart, porém foram encontradas algumas limitações, a biblioteca jfreechart não possui as características esperadas pelo projeto para o desenvolvimento de um mapa de calor (*heat map*).

A biblioteca jheatchart possuía as características necessárias para o projeto, entretanto plotagem da matriz se dá por meio de imagens que posteriormente são projetadas no sistema, este percurso não é viável uma vez que estas imagens demandam de um espaço de armazenamento e também seu carregamento em tela gera atraso em apresentar o gráfico devido ao fato do sistema ter de buscar a mesma no disco rígido.

A classe Abstrata Graphics do Java foi a escolhida para o desenvolvimento dos gráficos, por ser uma classe nativa, possibilitou o uso sem a necessidade de criação de arquivos externos e que sobrecarregariam o *software*. Graficamente em relação a suavização de cores e interpolação das mesmas, houve uma dificuldade por tratar cada um dos dados como um elemento individual, não possibilitando estabelecer um gradiente perfeito entre as cores.

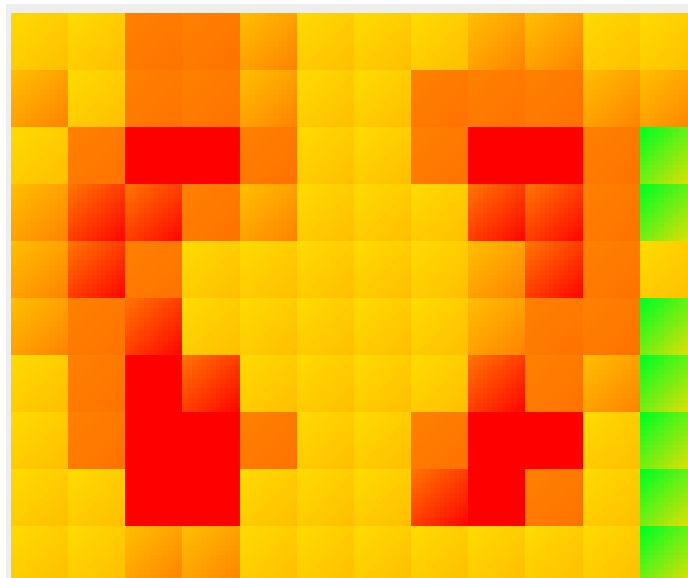
4.5.2 Geração dos gráficos

As imagens geradas pelo *software* Hermes baropodômetro são geradas a partir da plotagem dos dados provenientes dos sensores construídos por Urban (2015) e Castro (2019), a construção da figura se dá mediante aos números gerados por cada um dos baropodômetros de acordo com suas matrizes.

Para se tornar um *software* capaz de realizar a medição de diferentes matrizes e consequentemente diferentes equipamentos, foi preciso estabelecer um critério para a adoção da coloração, os critério estão envolvidos com a porcentagem de cada valor obtido em relação ao maior valor obtido no vetor.

A figura 36 é o resultado gráfico obtido por meio dos dados coletados pelo baropodômetro de 120 sensores (URBAN, 2015), como a quantidade de dados é menor, a imagem dos pés se torna difícil de ser visualizada.

Figura 36 - Imagem da tela de exibição gráfica.



Fonte: Elaborada pelo autor.

A figura 37 é o resultado gráfico dos valores obtidos pelo baropodômetro desenvolvido por Castro (2019) que atua com 2304 sensores, possibilitando assim um número maior de dados e consequentemente uma visão melhor da figura de um pé em forma gráfica.

Figura 37 - *Imagem da Tela de exibição numérica.*



Fonte: Elaborado pelo autor.

5. CONCLUSÃO

A pesquisa sobre o cenário atual de softwares para baropodômetros mostrou a existência de vários softwares comerciais, porém os mesmos só podem ser obtidos por meio da compra do *hardware* e do software conjuntamente. Além disso, os desenvolvedores do produto mantêm suas informações e imagens do software de forma restritiva.

Como uma alternativa aos produtos comerciais, e desenvolvido neste projeto, o software Hermes Baropodômetro possui características de software gratuito e de código aberto, possibilitando seu uso para pesquisadores, profissionais e alunos. Para a construção de um *software* com estas características e baixo custo, foram escolhidas tecnologias gratuitas e *open source*.

Os dados podem ser inseridos e alterados conforme necessário. O software inclui o registro inicial do paciente. No registro, é possível inserir dados para identificação, localização e comunicação com o paciente, além de dados referentes às estruturas corporais: altura, peso e gênero. No do software também foi implementado o cadastro de problemas de saúde, cirurgias e vícios de forma a ser adaptativo às necessidades de cada indivíduo, para o desenvolvimento dessas funcionalidades foram necessários os usos do paradigma de programação orientada a objetos.

Para a organização do software, visando tornar suas manutenção e futuras alterações facilitadas, foram utilizadas técnicas de padrão de projeto muito em uso no mercado atual de softwares.

Para a fase de coleta de dados e plotagem gráfica, foi implementado inicialmente um modelo que era capaz apenas de interagir com os dados de um baropodômetro e gerar os gráficos, a partir de imagens em PNG. Porém, com a necessidade da expansão para outros dispositivos que enviam diferentes tipos de dados, foi preciso estabelecer padrões de projeto que possibilitam a expansão, para ser possível interagir com diferentes quantidades de dados e padrões de matrizes.

O software pode ser configurado para realizar a plotagem dos dados obtidos com qualquer baropodômetro, sendo necessário apenas a informação sobre a quantidade de linhas e colunas em cada posição e o valor numérico obtido pelos sensores. Os dados obtidos são apresentados de forma visual, facilitando o trabalho dos profissionais e pesquisadores da saúde.

O armazenamento das informações referentes à coleta de dados, via baropodômetro, é essencial para manter um histórico do paciente. Com este objetivo, foi criada uma estrutura que suporta a versatilidade disponibilizada no software e que armazena devidamente os dados. Foi necessária a utilização de técnicas de normalização de banco de dados para criar um ambiente propício para este armazenamento.

O armazenamento das informações pode ser realizado localmente, estando gravadas apenas na máquina que utiliza o software. Isso garante uma individualidade, porém também pode ser responsável pela perda da informação, caso a máquina apresente problemas. Tendo essa situação como premissa, foi verificado a possibilidade de conexão remota com um servidor que esteja na internet, o que produz maior garantia da segurança dos dados e também a possibilidade de um compartilhamento de dados, podendo gerar uma base de dados única pelos usuários.

REFERÊNCIAS

- ABDUL RAZAK, A. H. *et al.* Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. **Sensors**, [s. l.], v. 12, n. 7, p. 9884–9912, 23 jul. 2012.
- ARKIPELAGO. **FOOTWORK**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <http://www.arkipelago.com.br/produtos/baropodometros/footwork.html>. Acesso em: 17 maio. 2020.
- BAUMFELD, D. *et al.* Reliability of Baropodometry on the Evaluation of Plantar Load Distribution: A Transversal Study. **BioMed Research International**, [s. l.], v. 2017, p. 1–4, 2017.
- CASTRO, F. **Sistema baropodométrico e classificação de escoliose utilizando técnicas de machine learning**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2019.
- CASTRO, F. *et al.* Plantar Pressure Measurement System with Improved Isolated Drive Feedback Circuit and ANN: Development and Characterization. **IEEE Sensors Journal**, New York, V 20, N. 19, p. 1–1, 2020.
- CASTRO, F. R. **Aprimoramento De Um Baropodômetro Eletrônico E Análise De Estabiliometria Em Voluntários Com Escoliose**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2016.
- DUARTE, M.; FREITAS, S. M. S. F. Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 14, n. 3, p. 183–192, jun. 2010.
- ESTREMOTE, M. M. **Medição Da Descarga De Peso De Indivíduos Hemiplégicos E Não Hemiplégicos Utilizando Uma Nova Plataforma De Força**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2010.
- FANFONI, C. M. *et al.* Evaluation of scoliosis using baropodometer and artificial neural network. **Research on Biomedical Engineering**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 121–129, jun. 2017.
- GARCÉS, E. F. M.; MAFLA, G. M.; REYES, F. Analysis, Review and Development of a Conceptual Model, based on Class Diagrams as a Component of UML. **Focused on Industrial Automation**, [s. l.], v. 4, p. 5, 2019.
- GHIWELL. **FOOTCHECKER**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: http://www.ghiwell.co.kr/eng/sub/sub02_01_01.php?ptype=eng_sub02_01_01. Acesso em: 20 maio 2020.
- GNU. **GNU**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.html>. Acesso em: 2 jun. 2020.

GUEDES, G. T. A. **UML 2 uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

JAVA. **JAVA About**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: https://www.java.com/pt_BR/about/. Acesso em: 22 maio 2020.

JAVAHEATMAP. **JHEATCHART**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <http://www.javaheatmap.com/>. Acesso em: 19 maio 2020.

JFREE. **JFREECHART**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <http://www.jfree.org/jfreechart/>. Acesso em: 19 maio 2020.

KINETEC. **KINETEC**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <http://kinetec.com.br/baropodometro-mps>. Acesso em: 15 maio. 2020.

LAGO, V. *et al.* Center of gravity oscillations in HTLV-1-associated myelopathy/tropical spastic paraparesis. **Fisioterapia em Movimento**, Curitiba, v. 33, p. e003303, 2020.

LE, H. A.; DAO, T.-H.; TRUONG, N.-T. A Formal Approach to Checking Consistency in Software Refactoring. **Mobile Networks and Applications**, Amsterdam, v. 22, n. 2, p. 356–366, abr. 2017.

MATIC, D.; BUTORAC, D.; KEGALJ, H. Data access architecture in object oriented applications using design patterns. *In*: PROCEEDINGS OF THE 12TH IEEE MEDITERRANEAN ELECTROTECHNICAL CONFERENCE, 2004, Dubrovnik. **Proceedings** [...] New York: IEEE, 2004. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/1347000/>. Acesso em: 26 maio. 2020.

MYSQL. **MYSQL**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.mysql.com/products/workbench>. Acesso em: 25 maio 2020.

NETBEANS. **Netbeans**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://netbeans.apache.org>. Acesso em: 22 jun. 2020.
NOVEL. **Novel**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.novel.de/products/emed/>. Acesso em: 16 maio 2020.

OAKS, S.; WONG, H. **Java Threads**. 3. ed. United States of America: O'Reilly Media, 2004.

ORACLE. **Oracle**. Disponível em: <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/awt/Graphics.html>. Acesso em: 10 abr. 2020.

PEIXOTO, J. G. *et al.* Análise de confiabilidade de medidas das pressões plantares estática e dinâmica de crianças e adolescentes com desenvolvimento normal. **Fisioterapia e Pesquisa**, São Paulo, v. 24, n. 1, p. 46–53, mar. 2017.

POSTGRESQL. **Postgresql**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.postgresql.org/about/>. Acesso em: 27 abr. 2020.

REENSKAUG, T. **The Model-View-Controller (MVC)**. [S. l.: s. n.], 2003.

RSSCAN. **Footscan**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://rsscan.com/footscan/>. Acesso em: 4 jul. 2020.

SENSORMEDICA. **Sensormedica**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.sensormedica.com/site/en/software-freestep-eng>. Acesso em: 25 abr. 2020.

SOUZA, J. A. *et al.* Global Body Posture and Plantar Pressure Distribution in Individuals With and Without Temporomandibular Disorder: A Preliminary Study. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, [s. l.], v. 37, n. 6, p. 407–414, jul. 2014.

TEKSCAN. **Human Gait Analysis**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://www.tekscan.com/products-solutions/human-gait-analysis>. Acesso em: 5 jul. 2020.

THAKUR, R. N.; PANDEY, D. U. S. **A Study Focused on Web Application Development using MVC Design Pattern**. v. 06, n. 08, p. 8, 2019.

URBAN, M. F. R. **Implementação de um sistema eletrônico para avaliar a distribuição da força na região plantar de pacientes**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) - Universidade Estadual Paulista - UNESP, Ilha Solteira, 2015. YOUTUBE. **emed: Pedography barefoot measurement with pressure sensor | novel.de**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6lzAIXRNO5A>. Acesso em: 8 jun. 2020.

ZANETTE, A. **Zanette**. [S. l.: s. n.], 2020. Disponível em: <https://becode.com.br/framework-biblioteca-api-entenda-as-diferencas>. Acesso em: 14 maio 2020.

ANEXO A – Artigo Enviado ao CBEB - 2020

Hermes: development of a *software* for baropodometers

J.P Codinhoto, R.T.Xavier, F.A.Boris, F. Castro, M.A.A.Sanches, C.A. Alves, and A.A.Carvalho¹

São Paulo State University (UNESP), Postgraduate Program in Electrical Engineering, Ilha Solteira

e-mail: codinhoto92@gmail.com

Abstract— Baropodometry has grown exponentially in recent years in academic works, becoming a strong ally in the collection of information about the pressure exerted by the feet, being used in different ways by researchers. Commercial baropodometers have their own *software* and with pre-defined analyzes, which limits its use, especially in research, because it is often not possible to extract some data of interest. The objective of this work is to present the initial phase of free access *software* that allows communication with different baropodometers. The *software* developed in this study uses the standards of the international project MVC and DAO and is implemented in Java, one of the most used programming languages in the world that has multiplatform resources. The program PostgreSQL DBMS was used for the storage and management of information. It allows the creation of a robust database that can be accessed locally or remotely. The free and open-source *software* developed in this work is an alternative tool for commercial *software* and can be adaptable to different baropodometers.

Keywords— Baropodometer, heap map, free *software*, Java.

I. INTRODUCTION

Baropodometry is an objective and quantitative examination that measures and compares the pressure exerted by the feet on a platform composed of sensors. The examination is performed with a device called baropodometer with the individual standing in a static position or walking.

The baropodometer essentially consists of a hardware with a platform with pressure sensors and signal conditioning circuits, and a *software* designed to carry out data acquisition with sampling frequency that allow static and dynamic evaluations to be carried out (ABDUL RAZAK *et al.*, 2012).

The number of publications addressing the baropodometer has grown considerably in the clinical and research areas, with around 500 publications in 2010 and approximately 1700 publications in 2019 (Fig 1).

The vertical forces in an individual's plantar region generate the so-called Center of Pressure (COP). The study of the COP behavior is called stabilometry (DUARTE; FREITAS, 2010) .

The stabilometric data is provided by the *software* of each baropodometric system. Due to the lack of an international standard, each company develops its own *software* and hardware.

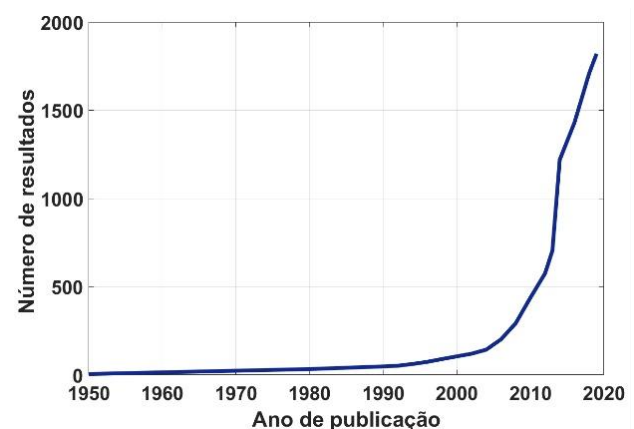


Fig. 1 Participation of the baropodometer in the clinical and research areas.

The complexity of the *software* is linked to the conversion of data into graphs. These graphs visually demonstrate the results to professionals.

In addition to the graphics, the *software* allows the insertion of patient information, such as registration date, name, age, genre, weight, and height, among other information that can help in a diagnosis.

The FreeStep *software*, from the company SensorMedica is an advanced *software* for the study of baropodometry, posture, and biomechanics. It has static, dynamic and stabilometric analysis, 2D and 3D foot

scanner, myoelectric and baropodometric detection mat, comprehensive reports, statistical analysis, constant updating

The *software* Biomech Studio, from the company Kinetec is a modular baropodometric platform, with static and dynamic analysis, has high-resolution images, resources for making insoles, performs the export of CAD data (Computer-Aided-Manufacturing or Design computer-aided) / CAM (Computer-Aided Manufacturing) (KINETEC, 2020).

Footwork is a professional analysis system with static, posturological, and multiple dynamic analysis, unique in the market. The FootWork program allows a deeper clinical examination establishing information on average pressures, maximum pressures, contact time and integral pressure/time. 3D static and dynamic analysis (ARKIPELAGO, 2020).

The Foot Checker (GHF-550) is a system used mainly for the static and dynamic analysis of pressure in the feet and gait, among its functions are, Static and dynamic foot pressure, gait analysis, pressure balance, pressure distribution, peak pressure of each foot, insole positioning and wedging system, resting calcaneal stance position (RCSP) angle analysis, gait angle and each gait frame analysis, COP movement and force graph analysis, body gravity movement test (GHIWELL, 2020).

The company Tekscan has different types of pressure collection hardware in the plantar region, among them MatScan, MobileMat and Presto-Scan System (TEKSCAN, 2020).

The Company Novel (NOVEL, 2020) also offers tools to measure the pressure of the feet, and its platform has connectivity via USB with laptops or desktop computers that have Windows operating system. Its functions are linked to measuring the pressure of the feet in a static way and dynamics, in addition to body balance. The platform is linked to a company database and can be synchronized with Eletromiography (EMG) and 3D gait analysis

Commercial *software* is usually very restricted from information due to the company's security and also to market competitiveness. During the research, no way was found to obtain this *software* separately.

Thus, it is common to find research with different baropodometric systems and different assessment protocols.

In the analyzes performed in (BAUMFELD *et al.*, 2017) the individuals spent about 60 seconds to perform the calibrations and measurements, all were evaluated with

an EPS R-1-KINETEC baropodometer and using the Minitab 16 *software* and also Excel 2013 to generate statistics and cross-data.

In a data collection of obese patients was performed and the statistical calculation used the Epi-Info and Bioestat 7.0 *software*.

The EPS KINETIC baropodometer (GHIWELL, 2020) was used with the BIOMECH STUDIO *software* (Letsense Group) to carry out tests, and obtained positive results. In this study the modular Baropodometry platform and gait analysis MPS Biomech® (LorAnEngineering, Bologna, Italy) was used, a platform that was also used by (PEIXOTO *et al.*, 2017). However, in this study, the platform was connected to a computer with the FootChecker® 4.0 *software* to analyze the variables of static weight discharge and dynamics of interest.

In the study by (LAGO *et al.*, 2020) tests were performed with several people using the 20-second wait on the platform as a standard with individuals of different sexes, ages, and health problems. The Footwork® baropodometry platform was used. The platform was connected to a computer with a special *software* or device that was installed to capture the beginning of commands and to complete the evaluation.

The analysis in individuals by (SOUZA *et al.*, 2014) was directed to the use of baropodometry hardware and *software* (Footwork; STI-AM3, Goult, France) with a surface of 400/400 mm, 704 capacitive captors and frequency of 150 Hz.

The FootWork equipment has been used in several studies and presented interesting visual and analytical results (PEIXOTO *et al.*, 2017) and it was possible to develop an insole for the individual.

The in-shoe plantar pressure measurement (PPM) system has been widely used because it enables data collection in natural user movement environments. However, the *software* structure is, in general, the same in stationary or in-shoe PPM systems.

There is a wide field of research using baropodometers as a source of information collection. However, the storage and visualization of this data is done with dedicated soft-ware and does not have integration with the database.

A new baropodometer was implemented in the Laboratory of Instrumentation and Biomedical Engineering, at São Paulo State University (UNESP), Campus of Ilha Solteira, the LiebScan System (CASTRO *et al.*, 2020).

LiebScan System *software* has the functionality to collect, process, view and manage data. The *software* developed in the LabVIEW 2017® environment, has an initial patient record and also an analysis and management screen of the data collected by the baropodometer developed during the research.

Although developed in LabVIEW, the LiebScan System *software* has compatibility problems with the 120 sensor baropodometer developed in the same laboratory (FANFONI *et al.*, 2017).

In order to obtain a System compatible with the two LIEB baropodometers and seeking compatibility with other systems, this study aims the development of a Free Software that receives the values collected by the barometer, visualizes, and stores information, and can be adapted to different models of baropodometer.

II. METHODOLOGY

A. Bibliographical Study

The survey of the state of the art of this work was carried out on the platforms IEEE Xplore, Scielo, ScienceDirect, ClinMedJournals, IOP Science, World Wide Science, BDTD, Science, BioMed, ACM, using search engines such as Google Scholar and CAPES journals. The English language was chosen and the search criteria were: Baropodometry, Baropodometer, Software Baropodometry, Application Baropodometry and Physical Gait Software.

B. Object-oriented programming

Object orientation was chosen as a programming paradigm, an analysis model based on the composition and interaction between objects (abstract representations of some real entity) (GUEDES, 2011).

To achieve classification and abstraction similar to that of human beings, object orientation establishes a classification of attributes.

The Unified Modeling Language (UML) is an effective tool for the modeling of automated processes. It allows to migrate in a simple way to any programmable logic technology and language (GARCÉS; MAFLA; REYES, 2019).

C. Design Patterns – MVC and DAO

The Model-View-Controller (MVC) standard of application architecture was used, which divides the application into three layers: the model, the view and the

controller (THAKUR; PANDEY, 2019). The model contains the functions and core data, the view display information to the user, and the controller handles user input and information. View and controller composes the user interface. MVC follows the most common approach to layering highlighted by (THAKUR; PANDEY, 2019).

The pattern was used in conjunction with the design pattern DAO (Data Access Object). It came up with the need to separate business logic from data persistence logic. This pattern allows changing the form of persistence without affecting the business logic at all (MATIC; BUTORAC; KEGALJ, 2004).

D. Programming language

The development of the *software* to be discussed in this project consists of planning that involves the design patterns as the programming language.

The Java language was used in this project due to its compatibility with the operating systems used on computers, to be multiplatform, to have a large community of users, and to be one of the most used worldwide (JAVA, 2020).

E. Database

The data collected from the baropodometer by the *software* needs to be stored safely and reliably. The DBMS (Database Management System) PostgreSQL was used for this purpose. It has been on the market for over 30 years and is open source (POSTGRESQL, 2020). The PostgreSQL database has a native programming interface with Java, making communication robust and secure. It can also support large amounts of data, suitable for the large volume of information that the baropodometer can generate.

The database presented in this work is structurally robust and can be extended according to future needs that may arise from changes or adaptations to different baropodometers.

For the visualization of the database, the relationship entity diagram (DER) is used, as shown in Fig. 2, where the main entities available in the database and their respective relations are present.

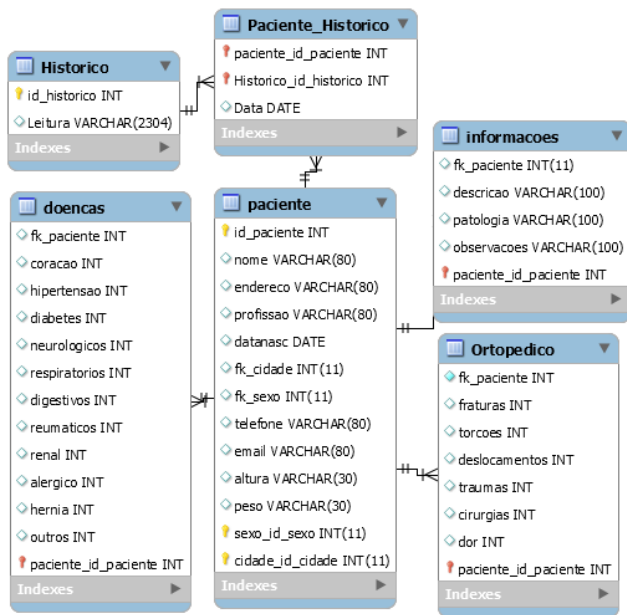


Fig. 2 Database View

F. Java Library

Libraries are a set of ready-made functions that are intended to assist some processes in development, thus allowing developers to be easier and faster. One of the great advantages of libraries is that they can be used in different projects (JAVA, 2020).

The libraries used in the study were Jfreechart because it is free and allows displaying graphics in *software*, being able to export information in the form of images (PNG and JPEG). In addition to vector graphics formats (PDF, EPS and SVG), the library is under the terms of the GNU Lesser General Public License (LGPL) so the library is open source which facilitates its use at no cost (JFREE, 2020).

The second library used is Jheatchart also under the LGPL license, capable of creating heat map graphics for the output of image files or for use in interfaces. The possible outputs in image format include PNG, JPEG and GIF (JAVAHEATMAP, 2020).

G. Abstract Class Graphics

For the creation of graphics, we opted for the use of an abstract native Java class called Graphics. This is responsible for bringing graphic contexts that allow drawing in Java components.

The tool allows the drawing of different geographic shapes with different sizes, these being

determined by the developer. These shapes can be empty (only borders) or filled with coloring (ORACLE, 2020).

The class has several exclusive commands for making the drawings. Table 1 shows the commands used in the project.

Table 1 Commands used by the Graphics library

Method	Description
<code>drawRect (int x, int y, int width, int height)</code>	Draws a rectangle
<code>drawString(String str, int x, int y)</code>	Draws the text specified by str
<code>fillRect(int x, int y, int width, int height)</code>	Fills the specified rectangle
<code>setColor(Color c)</code>	Sets the current color of the drawings

H. Data Interfacing

Communication with baropodometers is through USB ports emulating serial communication with COM ports. Transmission speeds are configurable in the 1200 bps - 2.2 Mbps range. As expected, each barometer has its own communication protocol. In this case, the LiebScan System with a 2.2Mbps communication sends 2304 ASCII characters corresponding to the voltage read from the 2304 sensors, with readings in the range 0-255. However, the V2.0 baropodometer communicates at a rate of 1.2 Mbps, receiving data from 120 sensors, where each sensor is identified with a 3-character string corresponding to the readings of the sensors in the range 0-1023.

III. RESULTS AND DISCUSSIONS

The baropodometer *software* developed in this work, called Hermes Baropodometer, aims to create an application that is intuitive, easy and safe. It is an alternative to commercial *software*. It can be used in clinics and research labs with baropodometer prototypes.

The idea is to collect the information from the sensors via USB, send it to the *software* and generate the graphics similar to the result obtained by commercial *software*. In the present form, it is directly linked to the prototype developed by (CASTRO, 2019). The *software* includes the patient's initial registration. The data can be inserted and changed as needed. In the register, it is possible to insert data for the identification, location, and communication with the patient, and also data regarding their body structures: height, weight, and genre.

The patient may have an active status, indicating effective participation in the research or inactive. In the latter case, the data are not deleted and can be recovered at any time, allowing continuity in the analysis or treatment.

The *software* currently performs the plotting of the baropodometer data using data provided by (CASTRO, 2019), established by a 48x48 matrix, generating a vector with 2304 positions, with each position having a numerical value obtained by sensors. The data obtained are presented in a visual way which makes it easy to visualize the context and changes.

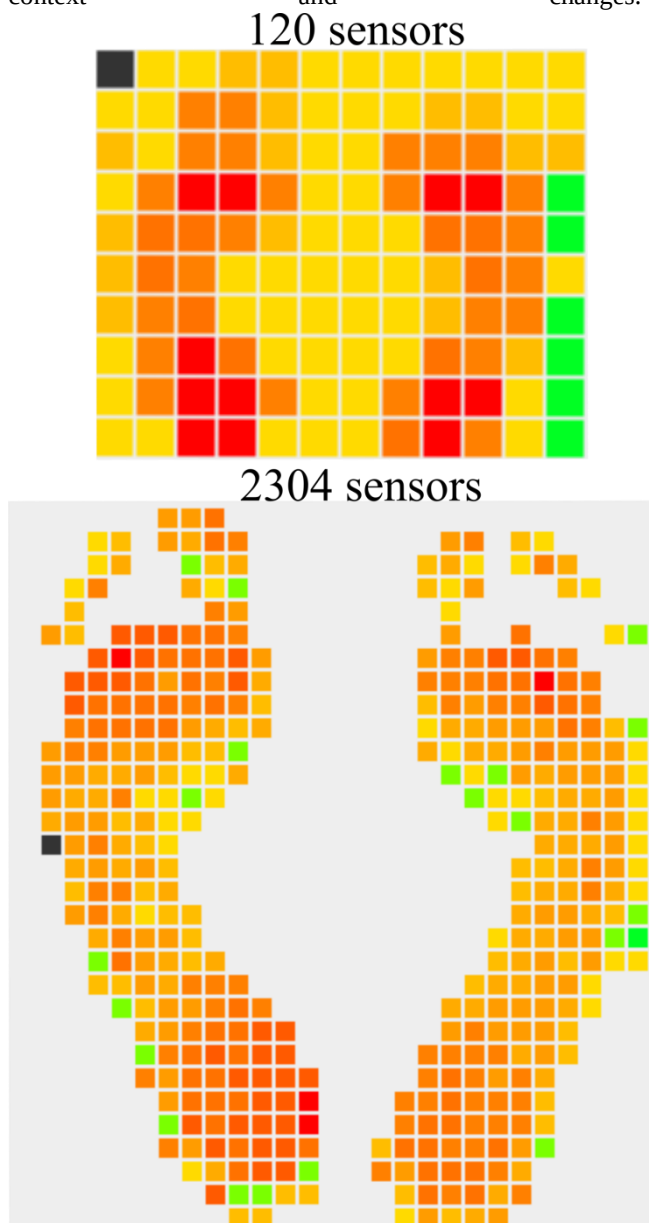


Fig. 3 Image of the Graphical results with different baropodometers

The graphs generated by the Hermes Baropodometer collect the data from the database and transform it into a graphical visualization as shown in Fig.3.

In Fig. 3 it is possible to see two representations, one coming from version 2.0 of the baropodometer, where the information has only 120 sensors, because of the low amount of information, establishing a figure that resembles the human foot is too complex, thus making it a difficult understanding of the graph by patients and healthcare professionals.

Fig. 3 also shows the representation of the LiebScan System, which has 2304 sensors, thus making it possible to obtain more data and consequently the transformation of these data into a graph that has the shape of the human foot, thus improving the ability to visualize and assimilate.

For calibration and verification, the numerical value of the data can also be shown, resulting in a drawing formed by numbers.

IV. CONCLUSION

This work implements *software* with characteristics of being free and open-source, allowing its use by students, researchers, and health professionals.

The developed system proved to be compatible with baropodometers with different characteristics and communication protocols, opening the possibility to the development of *software* that works with multiple equipments.

Collection of information via baropodometer and its storage are essential, as well as the demonstration of the data graphically evidencing the results of the collection, these data must be properly kept in a database capable of supporting this information, being this proposed and performed by this work.

It is still necessary to integrate the characterization functions of each baropodometer, which allow the analysis not only in function of the raw data of the sensors but also in the physical quantities that these measurements represent.

REFERENCES

1. Abdul R, Abdul H, Zayegh A, et al. (2012) Foot Plantar Pressure Measurement System: A Review. Sensors. 2012;12:9884–912 DOI:10.3390/s120709884.

2. Duarte M, Freitas S. (2010) Revisão sobre posturografia baseada em plataforma de força para avaliação do equilíbrio. *Rev Bras Fisioter.* 2010;14:183–92 DOI: 10.1590/S1413-35552010000300003.
3. KINETEC at <http://kinetec.com.br/baropodometro-mps>
4. FOOTWORK at <http://www.arkipelago.com.br/produtos/baropodometros/footwork.html>
5. FOOTCHEKER at http://www.ghwell.co.kr/eng/sub/sub02_01_01.php?ptype=engsub02_01_01
6. TEKSCAN at <https://www.tekscan.com/products-solutions/human-gait-analysis>
7. NOVEL at <https://www.novel.de/products/emed/>
8. Baumfeld D, Baumfeld T, da Rocha R *et al.* (2017) Reliability of Baropodometry on the Evaluation of Plantar Load Distribution: A Transversal Study. *BioMed Res Int.* 2017;2017:1–4 DOI: 10.1155/2017/5925137.
9. Peixoto J, Dias A, Miranda L, *et al.* (2017) Análise de confiabilidade de medidas das pressões plantares estática e dinâmica de crianças e adolescentes com desenvolvimento normal. *Fisioter E Pesqui.* 2017;24:46–53 DOI: 10.1590/1809-2950/16222224012017.
10. Lago V, Conceição C, Pinto E, *et al.* (2020) Center of gravity oscillations in HTLV-1-associated myelopathy/tropical spastic paraparesis. *Fisioter Em Mov.* 2020;33:e003303 DOI: 10.1590/1980-5918.033.ao03.
11. Souza J, Pasinato F, Corrêa E, *et al.* (2014) Global Body Posture and Plantar Pressure Distribution in Individuals With and Without Temporomandibular Disorder: A Preliminary Study. *J Manipulative Physiol Ther.* 2014;37:407–14 DOI: 10.1016/j.jmpt.2014.04.003.
12. Castro F, Savaris W, Araujo R, *et al.* (2020) A. Plantar Pressure Measurement System with Improved Isolated Drive Feedback Circuit and ANN: Development and Characterization. *IEEE Sens J.* 2020;:1–1 DOI: 10.1109/JSEN.2020.2998700.
13. Fanfoni C, Forero F, Sanches M, *et al.* (2017) Evaluation of scoliosis using baropodometer and artificial neural network. *Res Biomed Eng.* 2017;33:121–9 DOI: 10.1590/2446-4740.00117.
14. GUEDES G. (2011) UML 2 uma abordagem prática. 2nd ed. Novatec Editora; 2011.
15. Garcés E, Mafla G, Reyes F. (2019) Analysis, Review and Development of a Conceptual Model, based on Class Diagrams as a Component of UML, Focused on Industrial Automation. *International Journal of Control Systems and Robotics* 2019;4:5 pp 6 - 10.
16. Thakur R, Pandey D. (2019) A Study Focused on Web Application Development using MVC Design Pattern. *International Research Journal of Engineering and Technology - IRJET* 2019;06:8, pp 237-244.
17. Matic D, Butorac D, Kegalj H. (2004) Data access architecture in object oriented applications using design patterns. *Proc 12th IEEE Mediterr Electrotech Conf IEEE*, DOI: 10.1109/MELCON.2004.1347000
18. JAVA at https://www.java.com/pt_BR/about/
19. POSTGRESQL at <https://www.postgresql.org/about/>
20. JFREECHART at <http://www.jfree.org/jfreechart/>
21. JHEATCHART at <http://www.javaheatmap.com/>
22. ORACLE at <https://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/java/awt/Graphics.html>
23. Forero F. (2019) Sistema Baropodométrico e Classificação de Escoliose Utilizando Técnicas de Machine Learning. :142.

Enter the information of the corresponding author:

Author: José Paulo Codinhoto

Institute: São Paulo State University (UNESP), School of Engineering

Street: Avenida Brasil, 56, Centro

City: Ilha Solteira

Country: Brazil

Email: codinhoto92@gmail.com