



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**



RODRIGO AZEVEDO DE MEDEIROS

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA
PREVENÇÃO DO PÉ DIABÉTICO**

**MOSSORÓ - RN
2015**

RODRIGO AZEVEDO DE MEDEIROS

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA
PREVENÇÃO DO PÉ DIABÉTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Prof^ª Dra. Cílicia Raquel Maia Leite
Coorientador: Prof^ª Dra. Ana Maria G. Guerreiro

**MOSSORÓ - RN
2015**

**Catálogo da Publicação na Fonte.
Universidade do Estado do Rio Grande do Norte.**

Medeiros, Rodrigo Azevedo de

Sistema inteligente de monitoramento da prevenção do pé diabético. / Rodrigo Azevedo de Medeiros – Mossoró, RN, 2015.

84 f.

Orientador: Profa. Dra. Cílicia Raquel Maia Leite

Dissertação (Mestrado) Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação.

1. Computação Sensível ao Contexto. 2. Diabetes. 3. Pé Diabético – M-Health. 4. Sistema Especialista – Computação. I. Leite, Cílicia Raquel Maia. II. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. III. Universidade Federal Rural do Semi-Árido. IV. Título.

UERN/BC

CDD 004

Bibliotecária: Jocelania Marinho Maia de Oliveira – CRB 15 319

RODRIGO AZEVEDO DE MEDEIROS

**SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA
PREVENÇÃO DO PÉ DIABÉTICO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

APROVADA EM: ___ / ___ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Dra. Cíçilia Raquel Maia Leite – UERN
Orientadora

Dra. Ana Maria G. Guerreiro – UFRN
Coorientadora

Dr. Rommel Wladimir de Lima – UERN
Avaliador Interno

Dra. Suéíia de S. R. Fleury Rosa – UnB
Avaliador Externo

*Ao que tenho de mais importante em minha vida:
meus pais, Gilmar e Sueleide.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço fundamentalmente a Deus, por ter me protegido, iluminado e concedido as forças necessárias para continuar a caminhada e acreditar que podemos ser pessoas cada vez melhores.

Agradeço, em especial, aos incansáveis esforços do meu PAI e da minha MÃE, pela minha criação e formação, pela confiança depositada ao longo destes anos, pelo carinho, amor e atenção. “Não esqueço de nada do que fazem, nem do que me fizeram. Obrigado, PAI! Obrigado, MÃE! Amo vocês!”.

A Lorena, minha namorada, por me incentivar e sempre compreender a minha ausência, sempre dedicando o seu tempo me dando forças e me apoiando, não necessariamente calma, mas sempre compreensiva. “Só posso agradecer e dizer que Te Amo”.

Ao meu irmão Rodolfo, que, apesar de não demonstrar, sei que também torceu para que eu chegasse até aqui.

À minha orientadora, Cicilia Raquel, por acreditar em mim, acreditar no tema da pesquisa, na nossa capacidade de realização e de investir tempo, atenção e recursos para a realização do projeto, pelas oportunidades cedidas e pela amizade.

A Suélia Rosa, pelos ensinamentos, contribuições e sugestões para a realização deste trabalho; pelas oportunidades cedidas, por investir tempo, atenção e recursos na elaboração da pesquisa e pela amizade.

À minha coorientadora, Ana Maria, pelo apoio no desenvolvimento deste estudo e amizade.

Aos membros da banca de defesa, pela coerente avaliação e valiosa contribuição científica nesta dissertação.

A alguns familiares que também torceram pelo êxito desta nova etapa, sempre me apoiando.

Aos amigos e colegas de mestrado, pelo agradável cotidiano e agonia compartilhados, em caráter especial a Natan Barros, Irlan Arley, Davi Magalhães, Ciro Daniel e Jomar Santos.

Aos amigos do Laboratório de Engenharia de Software (LES), por contribuírem

para que este laboratório seja um ambiente fantástico de trabalho.

Aos amigos de Jardim, pelo apoio e incentivo.

A Ricardo, Izabel e filhos, que me acolheram como um membro da família, no período em que estive em Brasília, para elaboração e testes do projeto.

À UERN e à UFERSA, pela oportunidade de aperfeiçoamento acadêmico e pela infraestrutura fornecida, bem como à CAPES, pelo apoio financeiro.

À UnB e ao programa Doce Desafio, pela oportunidade de usufruir de sua infraestrutura para elaboração e testes do projeto.

A outras pessoas que não foram citadas, mas que foram importantes nesta caminhada (mesmo que eu não saiba). E àquelas que simplesmente não atrapalharam, considerando-se que “muito ajuda quem não atrapalha”.

Meu muito obrigado!

"A persistência é o menor caminho do êxito".
Charles Chaplin

RESUMO

Doenças crônicas representam cerca de 63% de todas as mortes no mundo e são definidas como qualquer distúrbio que persiste por um longo período, afetando o funcionamento físico, emocional, intelectual, profissional, social ou espiritual, com progressão geralmente lenta. A diabetes é uma doença crônica e endócrina que provoca elevação na taxa de açúcares no sangue, sendo provocada pela deficiência do metabolismo da glicose no corpo do indivíduo portador. Neuropatias e/ou angiopatias são complicações da diabetes que resultam em alterações nos membros inferiores dos indivíduos, que posteriormente evoluem para o pé diabético, problema que representa uma das complicações mais devastadoras do diabetes, podendo levar a ulcerações, amputações e até à morte. Diante do contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um Sistema Inteligente de Monitoramento da Prevenção do Pé Diabético (SIM2PeD), permitindo o cuidado personalizado, a partir da rotina de cada indivíduo. O SIM2PeD consiste em uma plataforma integrada com dispositivo móvel de captura de dados dos indivíduos, intitulada SIM2PeD Mobile, e um dispositivo web para acompanhamento da equipe médica, intitulado SIM2PeD Web. No SIM2PeD Mobile os indivíduos recebem alertas referentes aos cuidados, de acordo com a sua localização e atividade. Após a captura, as informações são repassadas ao sistema especialista (módulo inteligente) que gera recomendações a partir dos cuidados respondidos. O SIM2PeD Web gera gráficos de acompanhamento do uso do dispositivo para a equipe médica, através das respostas. Os experimentos realizados com o SIM2PeD em ambiente real permitiram concluir que o sistema apresentou desempenho satisfatório e adequado para o monitoramento remoto de atividades de autocuidados em pacientes com alguma doença, possuindo também grande potencial para aplicação em diversos tratamentos.

Palavras-chave: Diabetes, Pé Diabético, M-Health, Sistema Especialista, Computação Sensível ao Contexto.

ABSTRACT

Chronic diseases account for about 63% of all deaths in the world and are defined as any disorder that persists for a long period, affecting the physical, emotional, intellectual, professional, social or spiritual functioning, with generally slow progression. Diabetes is a chronic and endocrine disease that causes increase in sugar in the blood and is caused by deficiency of glucose metabolism in the body of the carrier individual. Neuropathy and / or diabetic angiopathy are complications of the diabetes that result in changes in the lower limbs of individuals that subsequently develop to diabetic foot, a problem which is one of the most devastating complications of diabetes and can lead to ulcers, amputation and even death. Given the context, the objective of this work is to develop an Intelligent Monitoring System Diabetic Foot Prevention (SIM2PeD), allowing the personalized care from the routine of each individual. The SIM2PeD consists of an integrated platform with mobile that capture data of individuals entitled SIM2PeD Mobile, and a web device for the medical team monitoring, entitled Web SIM2PeD. In SIM2PeD Mobile individuals receive alerts about precautions, according to its location and activity. After capture, the information is passed on to the expert system (intelligent module) that generates recommendations from answered care. The SIM2PeD Web generates accompanying graphics of use of the device for the medical staff, through the answers. The experiments performed by SIM2PeD in real environment showed that the system presented satisfactory and suitable performance for remote monitoring of self-care activities in patients with a disease, also having great potential for application in various treatments.

Key-words: Diabetes, Diabetic Foot, M-Health, Expert System, Context-Wware Computing.

LISTA DE ALGORITMOS

1	Exemplo de Sistema Especialista	36
2	Exemplo 1 de Sistema Sensível ao Contexto no SIM2PeD Mobile.	50
3	Exemplo 2 de Sistema Sensível ao Contexto no SIM2PeD Mobile.	50
4	Exemplo 3 de Sistema Sensível ao Contexto no SIM2PeD Mobile.	50
5	Sistema Especialista	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplos de tecnologias assistivas para diferentes deficiências. . . .	28
Figura 2 – Dimensões da Computação Ubíqua.	30
Figura 3 – Os universos da Computação Móvel e Computação Pervasiva. A intersecção é objetivo da computação Ubíqua.	31
Figura 4 – Processos básicos de tomada de decisão em Medicina.	37
Figura 5 – Arquitetura de um Sistema Especialista.	38
Figura 6 – Modelo de visão geral do SIM2PeD com os componentes do sistema.	46
Figura 7 – Fluxograma de execução das atividades do sistema. O fluxograma representa as principais etapas no processo de aquisição dos dados e disponibilização da informação para a equipe médica e para os pacientes.	47
Figura 8 – Visão do funcionamento da tecnologia sensível ao contexto no SIM2PeD Mobile.	49
Figura 9 – Visão do funcionamento de geração de alertas de cuidados não realizados baseada em contexto no SIM2PeD Mobile.	49
Figura 10 – Tela do SIM2PeD Web para cadastro de novo contexto.	51
Figura 11 – Tela do SIM2PeD Web para atualização da rotina de cuidados de um paciente.	52
Figura 12 – Telas da ficha de avaliação na plataforma MeD. A Figura 12a apresenta o início da ficha com a identificação do paciente. A Figura 12b apresenta o processo de Avaliação Neurológica implementada. . . .	53
Figura 13 – Esquema de distribuição dos indivíduos convidados a realizarem os testes com o SIM2PeD.	56
Figura 14 – Telas capturadas do sistema desenvolvido. Em 14a apresenta-se a tela de dicas de cuidados com os pés. Em 14b apresenta-se a tela de sugestão do cuidado.	58
Figura 15 – Relatório gráfico de uso do aplicativo SIM2PeD por um usuário diabético. É apresentado o número de cuidados a serem realizados, o número de cuidados realizados e a porcentagem entre ambos. . . .	60
Figura 16 – Relatório resumido de uso do aplicativo SIM2PeD por um usuário diabético nos últimos 30 dias e sugestão de alerta gerado pelo módulo inteligente do SIM2PeD.	61
Figura 17 – Gráficos obtidos no <i>toolbox statitscs</i> do MATLAB 2011 versão <i>full</i> e apresenta a correlação das respostas positivas (“SIM”) e respostas negativas (“NÃO”) para os dias da semana, sendo 1 (domingo) e 7 (sábado).	63

Figura 18 – Gráfico que mostra a quantidade de respostas positivas e negativas, fato que direciona a uma percepção de autocuidado do usuário. O desenvolvimento do indivíduo como pessoa que se auto cuida é exequível, fato sugerido pela curva normal condições positivas (“SIM”).	63
Figura 19 – Distribuição bi variante dos dados por meio de um histograma com elementos da matriz para uma grelha de 10 por 10 de dados igualmente espaçados. Cada coluna de dados (1 e 2) corresponde a uma dimensão e distribuição dos dados obtidos – o que mostra concentração de sim nas respostas.	64
Figura 20 – Fase de diagnóstico e de monitoramento do gráfico de controle de Shewhart para a comportamento de respostas dos usuários.	65

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Eras Computacionais Defendidas por Weiser.	29
Tabela 2 – Dimensões Semânticas de Contexto.	32
Tabela 3 – Tabela de comparação entre os trabalhos apresentados.	42

LISTA DE SIGLAS

CAT Comitê de Ajudas Técnicas

CL *Central Line*

DD Doce Desafio

DM Diabetes Melittus

DVP Doença Vascular Periférica

GPL *General Public License*

GPS *Global Positioning System*

I&D Investigação e Desenvolvimento

IA Inteligência Artificial

LCL *Lower Control Limit*

M-Health *Mobile Health*

MeD *Medical Database*

ND Neuropatia Diabética

OHA *Open Handset Alliance*

P&D Pesquisa e Desenvolvimento

PDA *Personal Digital Assistants*

PHP *PHP: Hypertext Processor*

SE Sistemas Especialistas

SGBD Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados

SI Sistemas Inteligentes

SIM2PeD Sistema Inteligente de Monitoramento da Prevenção do Pé Diabético

SMS Short Message Service

SO Sistema Operacional

SSC Sistema Sensível ao Contexto

SUS Sistema Único de Saúde

TA Tecnologia Assistiva

UCL *Upper Control Limit*

UnB Universidade de Brasília

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	PROBLEMÁTICA	19
1.2	OBJETIVO	21
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	22
2	REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1	M-HEALTH	23
2.2	TECNOLOGIA ASSISTIVA LEVE	26
2.3	COMPUTAÇÃO UBÍQUA	29
2.3.1	Computação Sensível ao Contexto	31
2.3.2	Computação Persuasiva e Computação Sensível ao Usuário	33
2.4	SISTEMAS INTELIGENTES	33
2.4.1	Sistemas Especialistas	34
2.4.1.1	Sistemas Especialistas Baseado em Regras	38
2.5	TRABALHOS RELACIONADOS	39
3	SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA PREVENÇÃO DO PÉ DIABÉTICO	44
3.1	VISÃO GERAL	44
3.1.1	SIM2PeD Mobile	47
3.1.1.1	Especificação da Computação Sensível ao Contexto	48
3.1.2	SIM2PeD Web	50
3.1.2.1	Especificação do Módulo Inteligente	52
4	ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SIM2PED EM UM AMBIENTE REAL	55
4.1	DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	55
4.2	VALIDAÇÃO	57
4.2.1	Configuração do Ambiente	57
4.2.2	Aquisição dos Dados	58
4.2.3	Transferência dos Dados	59
4.2.4	Processamento dos Dados e Análise dos Dados	59
4.2.5	Pós-Processamento e Disponibilidade dos Dados	59
4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	60
5	CONCLUSÃO	67
	REFERÊNCIAS	69

Apêndices	75
APÊNDICE A PRODUÇÃO CIENTÍFICA	76
Anexos	78
ANEXO A Ficha de Anamnese utilizada no Doce Desafio	79
ANEXO B Parecer Consubstanciado do CEP	82

1 INTRODUÇÃO

A introdução de novas tecnologias nos mais diversos ambientes é realidade. Observa-se a sua evolução e expansão especialmente nos dispositivos móveis como: celulares, *smartphones*, *tablets*, etc. Neste contexto, tais tecnologias estão inseridas em várias áreas, como: educação, saúde, economia, entretenimento, segurança, entre outros.

A área da saúde, em especial, é uma das áreas que mais investe em tecnologia, seja em equipamentos, dispositivos ou sistemas modernos que proporcionam à população inúmeros benefícios na busca de uma melhor qualidade de vida.

Diante desses investimentos, atualmente pode-se utilizar dispositivos que têm como finalidade capturar informações do ambiente, para que, posteriormente, essas informações sejam processadas e analisadas por dispositivo com algum poder computacional. Os *smartphones*, através de seus diversos sensores, estão inseridos nesse meio com o objetivo de capturar cada vez mais informações de usuários. Na área médica são vários os trabalhos que usam esse meio para captura de diversos tipos de dados, como, por exemplo, quando o usuário está praticando alguma atividade física ou colhendo informações acerca de fenômenos ou atividades que ele realizou durante um período.

Dentro desse ambiente de avanços e cuidados com o paciente, o tratamento de doenças crônicas é um assunto que vem sendo abordado de forma especial por pesquisadores da área, visto que essas complicações preocupam, já que essas doenças representaram cerca de 63% de todas as mortes no mundo (WHO, 2013).

As doenças crônicas são definidas como qualquer distúrbio que persiste por um longo período e afeta o funcionamento físico, emocional, intelectual, profissional, social ou espiritual e que possuem longa duração com progressão geralmente lenta (ANDERSON, 2010; WHO, 2013). Segundo Anderson (2010), doenças crônicas têm sido o problema de saúde mais recorrente do século XXI.

A diabetes (conhecida como *Diabetes Mellitus* - DM) é uma doença crônica e endócrina que provoca a alta na taxa de açúcares no sangue; é provocada pela deficiência do metabolismo da glicose, que é causada pela falta ou má absorção da insulina, hormônio produzido pelo pâncreas e que tem a função de quebrar as moléculas de glicose e transformá-las em energia para as células.

Entre 1910 e 1920, surgiu, nos Estados Unidos, um dos mais importantes diabetologistas da época, Elliot P. Joslin, que definia o diabetes como uma doença crônica, e não contagiosa, que evoluía sem dor e podia ser tratada cronicamente. No entanto, os primeiros relatos de doenças como o DM remontam a épocas tão distantes quanto o próprio surgimento da escrita; dentre eles, constata-se que registros históricos, como o papiro de Ebers (manuscrito da época 1500 a.C.), já mencionavam sintomas semelhantes

aos do DM conhecidos na atualidade (PIRES; CHACRA, 2008).

A abordagem e a prevenção do DM visam reduzir o impacto da doença sobre o cotidiano dos portadores do diabetes, através de estudos que evoluem à medida que novos pressupostos científicos incentivam avanços técnicos e tecnológicos sobre o tema.

Na diabetes existem algumas características que a tornam especial entre as doenças crônicas. Primeiramente todos os pacientes diabéticos têm necessidades diferentes, e isto é devido às diferenças relacionadas com a idade e comorbidades, motivações, rotinas diárias, etc (FIORAVANTI *et al.*, 2011).

1.1 PROBLEMÁTICA

O quadro epidemiológico da diabetes é preocupante, visto que em 2013 cerca de 382 milhões de pessoas no mundo possuíam a doença, número que deve aumentar para 592 milhões de pessoas até 2030 (CHO *et al.*, 2013). No Brasil, dados do Ministério da Saúde informam que o número de internações por diabetes no Sistema Único de Saúde (SUS) aumentou 10% entre 2008 e 2011, passando de 131.734 para 145.869 pacientes internados (BRASIL, 2012). Ainda segundo Cho *et al.* (2013), em 2011 eram cerca de 11,9 milhões de brasileiros diabéticos com idade entre 20 e 79 anos, número que deve aumentar para 19,2 milhões em 2035.

Neuropatia e/ou angiopatia são complicações comuns associadas com os tipos 1 e 2 de diabetes. Essas complicações resultam em alterações biomecânicas dos membros inferiores em pacientes diabéticos. As alterações nos pés dos pacientes incluem a perda de sensibilidade, força reduzida, controle motor alterado, reduzida amplitude articular estática do movimento, mobilidade limitada das articulações, diminuição das almofadas de gordura e espessamento dos tecidos moles (ANDERSEN, 2012; WROBEL; NAJAFI, 2010; GIACOMOZZI *et al.*, 2005; MUELLER *et al.*, 1989).

Denomina-se pé diabético um estado fisiopatológico multifacetado, caracterizado por úlceras, infecção e/ou destruição de tecidos profundos que surgem nos pés do portador de DM. Ocorrem como consequência da neuropatia, da doença vascular periférica ou de deformidades nos membros inferiores (REIS, 2013). O pé diabético representa uma das complicações mais devastadoras do DM, uma vez que pode levar a ulcerações que potencialmente evoluem para amputações. Os locais mais comuns de aparecimento de lesões são os dedos, região distal do pé e região medial do pé por representar região de apoio. De acordo com Pedrosa (2010) as ulcerações do pé diabético são classificadas de acordo com sua etiologia, que pode ter como origem a Neuropática Diabética (ND), Doença Vascular Periférica (DVP), ou a combinação de ambas.

O risco de amputação de membros inferiores em portadores de DM é uma realidade. Conforme Júnior *et al.* (2014) o impacto de um ambulatório focado no tratamento do pé diabético pode diminuir a morbidade da doença. Essa abordagem, de redução da morbidade, melhora sensivelmente a qualidade de vida do paciente diabético.

Boulton *et al.* (2005) estimaram que de 14 a 20% dos pacientes com úlceras nos pés são submetidos a uma amputação e 50% das amputações não traumáticas de membros inferiores são atribuídas ao DM. Ao mesmo tempo, cerca de 7 a 10% dos pacientes diabéticos irão desenvolver lesões tróficas nos pés.

Os doentes que desenvolvem uma úlcera nos pés têm uma probabilidade de até 8% de sofrer uma amputação no primeiro ano, e, em até cinco anos pós-amputação, cerca de 45 a 55% desses pacientes morrem (PROMPERS *et al.*, 2008; SNYDER; HANFT, 2009). Pedrosa *et al.* (2004), além de confirmar que essas graves infecções sistêmicas podem levar o paciente ao óbito, relatam que as úlceras podem levar a outras consequências, como deformações, por exemplo, mesmo quando tratadas a tempo.

Em relação ao ônus socioeconômico, Leal *et al.* (2014), ao analisarem gastos provenientes de internação de pacientes com pé diabético no Brasil, revelaram que o custo direto hospitalar estimado por paciente com DM e ulcerações nos pés, na rede de hospitais que atendem ao SUS, variou de R\$ 943,72 a R\$ 16.378,85, com uma média de R\$ 4.461,04 para ano base de 2014. Adicionalmente, a causa mais frequente de admissões hospitalares entre pacientes com DM são as ulcerações nos pés, cuja prevalência estimada é de 1,4 a 11,9%. As lesões do pé diabético geralmente requerem tratamento prolongado, com uma média de 21 dias nos EUA; 25 dias no Reino Unido; e de 60 a 100 dias em Brasília e Salvador, principalmente se advém amputação (BOULTON *et al.*, 2005; PEREIRA; MACIEL, 2013).

A formação do pé diabético em pacientes diabéticos pode ser atribuída a várias práticas socioculturais, tais como: andar descalço, utilizar instrumentos inadequados para o cuidado do pé, sapatos inadequados, educação e/ou condições socioeconômicas insuficientes. Conforme Boell, Ribeiro e Silva (2014), os principais fatores de risco identificados foram: idade avançada, tempo de diagnóstico do DM, baixa escolaridade, sobrepeso/obesidade, dieta inadequada, falta de atividade física, desequilíbrio do controle metabólico, falta de cuidados específicos com os pés, hipertensão arterial, entre outros. Tais fatores favorecem a formação de úlcera, infecção e gangrena, podendo culminar em amputação.

O tratamento do pé diabético depende do grau de comprometimento do membro, considerando-se a presença e/ou gravidade de isquemia e/ou infecção. Atualmente existem muitas opções para o tratamento das lesões, tais como: curativos com vários tipos de cobertura existentes no mercado; desbridamento de tecidos desvitalizados; revascularização; aplicação local de fatores de crescimento; oxigenoterapia; derme

humana (*dermagraft*) e; amputação de extremidades. Esse tratamento é de alto custo e tem como medida adotada com maior frequência a amputação. A revisão da literatura evidenciou diversos modelos possíveis de serem adotados para atuar na profilaxia de lesões associadas ao pé diabético, os quais podem evitar amputações e economizar recursos (CASTRO; COSTA, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2014).

Melhores esclarecimentos sobre mudanças nos pés, ao longo do processo de ocorrência da diabetes, podem ajudar a projetar melhores formas de tratamento e, potencialmente, reduzir a alta prevalência de ulceração nos pés diabéticos e conseqüentemente a amputação. Além disso, Formosa, Gatt e Chockalingam (2013) demonstraram que até 85% das amputações podem ser prevenidas com a descoberta precoce, orientações clínicas adequadas e rápida intervenção nas úlceras. Para ajudar a alcançar este objetivo, uma compreensão abrangente de todos os fatores de risco podem contribuir para diminuir taxas de ulceração e amputação.

Formosa, Gatt e Chockalingam (2013) afirmam também que uma gestão multidisciplinar que enfoca a educação, exames regulares do pé e avaliações biomecânicas, juntamente com outros cuidados, deve ser adotada. Os pacientes devem também ser instruídos sobre uma inspeção regular dos seus pés, para verificar se há deformidades ou outras diversas alterações que podem ocorrer. Uma melhor gestão em nível de cuidados primários pode prevenir ou retardar as complicações do pé a longo prazo e conseqüentemente melhorar a qualidade de vida.

Com base nesses pressupostos e com o intuito de fornecer ao paciente um sistema multidisciplinar que foca a educação e orienta cuidados primários, o sistema apresentado nesta dissertação de mestrado é de importância no que diz respeito à prevenção aos problemas do pé diabético.

A partir desse estudo, espera-se coletar itens que contribuam com uma melhor gestão de cuidados com os pés dos pacientes diabéticos, resguardando-se a configuração adequada para cada sujeito, além de gerar um produto que possa auxiliar não só a gestão desse tratamento, como também de outras moléstias que necessitem de um cuidado diário e regular. Assim sendo, a conclusão deste estudo está voltada para a ideia da desospitalização de sujeitos acometidos por algum problema de saúde onde o paciente é o principal ator da gestão do tratamento.

1.2 OBJETIVO

Diante do contexto, o objetivo deste trabalho é desenvolver um Sistema Inteligente de Monitoramento da Prevenção do Pé Diabético (SIM2PeD), permitindo o cuidado personalizado a partir da rotina de cada indivíduo. O SIM2PED busca conscientizar o

usuário sobre os cuidados com o pé diabético e apoia, através de um módulo inteligente, a tomada de decisão médica com relação à prevenção do aparecimento de úlceras.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está organizado da seguinte forma: o capítulo 2 apresenta o referencial teórico sobre os temas de pesquisa: M-Health, Tecnologia Assistiva Leve, Sistemas Inteligentes e trabalhos correlatos. No capítulo 3 apresenta-se a especificação do trabalho. No capítulo 4 é discutido a aplicação do SIM2PeD em um ambiente real. No capítulo 5 são apresentadas as discussões finais, conclusão e perspectivas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo é destinado à apresentação de toda a teoria na qual o trabalho está embasado, abordando conceitos teóricos necessários ao desenvolvimento do mesmo, suporte para estudos e coleta de dados ou informações qualitativas. São abordados, também, conceitos e pesquisas que servirão de base para a análise e interpretação dos dados coletados na fase de elaboração, tornando clara a forma como as áreas estão vinculadas. Assim, para melhor entendimento, este capítulo está subdividido em:

2.1 M-HEALTH: aborda a área de atuação do sistema;

2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA LEVE: apresenta as definições de Tecnologias Assistivas e como são categorizadas;

2.3 COMPUTAÇÃO UBÍQUA: discute sobre essa área da computação e a computação sensível ao contexto;

2.4 SISTEMAS INTELIGENTES: apresenta uma discussão sobre o que são esses sistemas e os Sistemas Especialistas, em especial os baseados em regras, objeto de estudo desta dissertação de mestrado;

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS: aborda um estudo sobre as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento deste trabalho, apontando as principais pesquisas desenvolvidas sobre cuidados dos pés em pacientes diabéticos.

2.1 M-HEALTH

Atualmente, pesquisas na área da saúde estão orientadas a sistemas de monitoramento, gerenciamento e controle, sistemas de comunicação, hardware para sensoriamento de pacientes e exames clínicos, sistemas de apoio a decisão e/ou trabalho colaborativo. É neste ambiente permeado pela implantação de novas tecnologias que envolvem desde modelagens e/ou simulações de ambientes reais e desenvolvimento de aplicações médico-hospitalares voltadas à otimização dos processos da área da saúde que vários termos e pesquisas pertinentes ao assunto têm surgido na literatura. Essas pesquisas surgem com o objetivo de contribuir para o aprimoramento na qualidade dos serviços prestados, melhorando o atendimento e minimizando os riscos à saúde dos pacientes.

Os históricos de uso da telemedicina são antigos e podem ser seguidos, desde o início do século XX, quando, em 1906, Wilhelm Einthove, inventor do eletrocardiograma,

iniciou experiências de consulta remota através da rede telefônica e descreve como realizar a transmissão por telefone de eletrocardiogramas (BAPTISTA, 2010). No histórico da primeira guerra mundial, em meados de 1916, a comunicação entre médicos com o uso de rádios permitiu também a evolução do que hoje se conhece por telemedicina.

Mas foi a partir da década de 90, depois de várias tecnologias empregadas para o aprimoramento da telemedicina, que as aplicações médicas à distância se multiplicaram e os projetos de telemedicina desenvolveram-se rapidamente. Até os dias atuais, médicos usam vários meios de comunicação para troca de informação sobre a medicina.

Apesar de relatos antigos do uso da telemedicina e existir definições da época do seu surgimento, as definições atuais vêm sendo aprimoradas e adequadas com as novas facilidades tecnológicas e com as necessidades dos serviços de saúde. Em síntese, pode-se compreender as definições de telemedicina como o uso de tecnologias de comunicação para possibilitar cuidados à saúde nas situações em que a distância é um fator crítico (WHO, 1998; ATA, 2007; DECS, 2012).

O termo telemedicina foi primeiro utilizado para as práticas de assistência à saúde à distância; porém, esse conceito vem sendo ampliado. Existem vários outros termos que variam de acordo com as tecnologias empregadas, como, por exemplo, o M-Health (acrônimo de *Mobile Health* em inglês), que, segundo Blaya, Fraser e Holt (2010), é o uso de dispositivos móveis e sem fio para melhorar os resultados de saúde, serviços de saúde e pesquisa em saúde.

Essas tecnologias móveis mudam a tradicional entrega de cuidados de saúde, permitindo que esses cuidados continuem de forma generalizada, a qualquer hora e em qualquer lugar. A partir desta tecnologia, profissionais de saúde, médicos e pacientes têm a oportunidade de monitorar continuamente as condições de saúde e informações de saúde fora do consultório médico e fora da casa do paciente.

O principal objetivo do M-Health é ampliar o acesso à informação e a serviços de saúde que promovem o bem-estar pessoal, cuidados preventivos e gerenciamento de doenças crônicas, promovendo a eficiência no atendimento e práticas de gestão para melhorar os resultados da saúde da população. O objetivo, também, é reduzir os custos dos cuidados médicos, maximizando a eficiência no sistema de saúde e promovendo a prevenção. Além disso, também possui o benefício do acompanhamento diário obrigatório em prol de alguns pacientes com determinadas doenças que exigem assistência frequente.

Segundo Blaya, Fraser e Holt (2010), a expansão dos dispositivos móveis para a entrega de cuidados com a saúde está mais concentrada em países desenvolvidos, porém há relatos na literatura que países de média e baixa renda estão emergindo esses tipos de aplicações móveis. A evolução das tecnologias móveis e dos telefones inteligentes (*smartphones*) está contribuindo com o surgimento e ascensão do M-Health nesses países. Apesar de seu principal acesso ser junto ao surgimento de *smartphones*,

M-Health envolve o uso de um telefone celular de várias maneiras diferentes, através de vários serviços.

As tecnologias móveis utilizadas para veicular cuidados em saúde são variadas e podem fazer uso de aparelhos de celular simples a modernos *smartphones, tablets*, ou dispositivos habilitados a realizar o diagnóstico e monitoramento remoto de pacientes. Esses dispositivos variam em capacidade de armazenamento, poder de processamento, entre outras variáveis.

Para acompanhar esta heterogeneidade de dispositivos, aplicações desse tipo podem ser tecnicamente simples (que usem pacotes de voz, ou *Short Message Service (SMS)*) – satisfazendo uma necessidade imediata e oferecendo benefícios que incentivam o paciente a usar o aplicativo – ou avançadas, que podem requerer do dispositivo hospedeiro um poder computacional avançado para que possam alcançar uma determinada função de apoio aos cuidados a pacientes remotos. A inserção desses sistemas varia muito entre os países que irão absorver a tecnologia.

As áreas de aplicações de M-Health são extremamente dinâmicas, e a grande quantidade de aplicativos que estão sendo desenvolvidos cresce exponencialmente, aumentando a quantidade de recursos em desenvolvimento. Segundo Freng *et al.* (2011), a população de países que possuem aparelhos celulares quase onipresentes tende a aceitar aplicações inovadoras mais facilmente do que países com baixo índice de uso desses aparelhos celulares. São alguns exemplos de aplicações:

- **Sistemas para consultas e reservas:** esse tipo de aplicação é usado por médicos e demais profissionais de saúde para ajudar a fazer consultas através de pacotes de voz e SMS. Tais sistemas são amplamente aplicáveis e possibilitam facilidade e redução de custos para seus usuários;
- **Diagnóstico remoto:** essas aplicações têm por finalidade ajudar pacientes a obterem um diagnóstico sem ter que viajar para um grande centro. Geralmente essas aplicações possuem uma base de dados remota que funciona como apoio a decisões ou promove uma comunicação direta com o médico especialista ou profissional de saúde, através de pacotes de voz ou vídeo;
- **Aplicações de bem-estar:** essas aplicações são usadas simplesmente para auxiliar a vida no dia-a-dia dos usuários. Algumas são baseadas simplesmente no fornecimento de informações, enquanto outros fazem uso de funcionalidades mais avançadas dos dispositivos, como acelerômetros;
- **Sistema de monitoramento remoto:** essas aplicações têm por objetivo acompanhar a evolução das doenças em pacientes. Geralmente são aplicações com um fim específico e que se adaptam a cada tipo de doença; podem também funcionar

baseadas em sensores que podem ou não fazer parte do *smartphone*, mas que trabalham em conjunto com o dispositivo móvel;

- **Urgência e emergência:** urgência é uma situação que exige assistência rápida no menor período de tempo, a fim de evitar complicações ou sofrimento. Já emergência é todo caso em que existe a ameaça iminente à vida, havendo necessidade de tratamento médico imediato, para evitar casos extremos como o óbito. Diante de tais situações, aplicações M-Health podem colaborar viabilizando aplicações que facilitem a comunicação entre paciente e equipe de saúde.

Aplicações M-Health têm possibilitado uma melhoria na relação custo-benefício da prestação de cuidados com a saúde, permitindo que o diagnóstico seja efetuado mais próximo do paciente, sem a necessidade de deslocamentos até centros especializados, o que contribui também com a redução de risco de contaminação, em caso de doenças infectocontagiosas. Além disso, os dados recolhidos desta forma estão sujeitos ao consentimento apropriado e regimes de privacidade e podem ser de grande valor na busca por tratamento da doença.

Em longo prazo, a média dos investidores em tecnologias M-Health são impactos positivos e significativos sobre os resultados clínicos, tais como redução da mortalidade infantil, expectativa de vida e diminuição na contração de doenças.

2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA LEVE

Tecnologia é um termo muito empregado nos dias atuais, conhecida como era da computação. Neste último século as ciências modernas intensificam seu uso em quase todos os aspectos da vida do homem. Silva (2002) define e classifica a tecnologia da seguinte maneira:

Assim, dentro das funções principais dos sistemas produtivos, quer seja manufatura, serviços, suprimentos, ou transporte, o termo “tecnologia” tem sido utilizado tanto dentro das atividades meio (organizacionais, estruturais, informática, treinamento etc.) como para as atividades fim (produto, processo, equipamentos etc.). Apesar dessa generalização, “o ponto focal de uso do termo tecnologia se concentra nos produtos, nos processos, nos equipamentos e nas operações”. Ou seja, quanto maior o valor agregado tecnológico em um produto e/ou processo, maior a capacidade tecnológica da organização que configura esse resultado.

Enquanto Merhy (2002) inclui como tecnologias certos saberes que são constituídos para a produção de produtos singulares, e mesmo para organizar as ações humanas nos processos produtivos, até mesmo em sua dimensão inter-humana. O autor classifica as tecnologias presentes nos trabalhos em saúde em três tipos:

- **Tecnologias duras:** que seriam os equipamentos, as máquinas, e que encerram trabalho morto, fruto de outros momentos de produção; dessa forma, conformam em si saberes e fazeres bem estruturados e materializados, já acabados e prontos. Como exemplo de tecnologias duras tem-se uma máquina de Raio-X ou um estetoscópio;
- **Tecnologias leve-duras:** que seriam aquelas referentes aos saberes agrupados que direcionam o trabalho; são as normas, os protocolos, o conhecimento produzido em áreas específicas do saber, como a clínica, a epidemiologia, o saber administrativo e outros; caracterizam-se por conterem trabalho capturado, porém com possibilidade de expressarem trabalho vivo. É classificado como exemplo de tecnologias leve-duras o conhecimento de um clínico geral ou de um dentista;
- **Tecnologias leves:** que são as produzidas no trabalho vivo em ato; condensam em si as relações de interação e subjetividade, possibilitando produzir acolhimento, vínculo, responsabilização e autonomização. São exemplos de tecnologias leves momentos de falas, escutas e interpretações, nos quais há a produção de uma acolhida ou não das intenções que essas pessoas colocam nesses encontros em que há uma relação entre profissional e paciente.

Mehry *et al.* (1997) afirmam que é necessário produzir mudanças no processo de trabalho, tomando como eixo analítico fundamental o processo de efetivação da tecnologia leve e os seus modos de articulação com as outras tecnologias.

A evolução tecnológica caminha na direção de tornar a vida mais fácil. Ferramentas e recursos são pensados e desenvolvidos especialmente para beneficiar e facilitar as atividades desenvolvidas na rotina cotidiana, melhorando o desempenho em realizar funções pretendidas (BERSCH, 2013).

Uma sociedade mais permeável à diversidade questiona seus mecanismos de segregação e vislumbra novos caminhos de inclusão social da pessoa com deficiência. Esse fato tem estimulado e fomentado novas pesquisas, inclusive com a apropriação dos acelerados avanços tecnológicos disponíveis na atualidade (FILHO, 2009). Segundo essa perspectiva, conceitos como Tecnologia Assistiva (TA) surgem e ganham espaço no meio científico, principalmente na área da saúde, sob uma perspectiva multidisciplinar. Apesar de possuir outras atribuições, o setor de TA contribui para melhorar as habilidades funcionais de pessoas acometidas por danos leves ou graves e, dessa forma, proporcionar uma vida minimamente digna e autônoma ao paciente.

Como área de conhecimento, a TA surgiu no Brasil em novembro de 2006, quando o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT) a propôs através da Portaria nº142. Em virtude da recente institucionalização da área representada pela TA, naturalmente há uma produção acadêmico-científica especializada e desassociada tanto em relação a aspectos de Investigação e Desenvolvimento (I&D) quanto à Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

devido à demanda da produção nos canais científicos. Tal ocorrência acarreta duas consequências importantes: I) baixa produção conceitual e tecnológica; II) índices inferiores de políticas públicas que ofertem a Tecnologia Assistiva em Saúde.

Para King (1999), Tecnologias Assistivas concentram-se nas necessidades de pessoas especiais de todas as idades e que possuem deficiências, limitações ou desafios que limitam a sua participação na vida diária. Segundo Manzini e J. (2005) e Bersch (2013), TA são ferramentas que permitem compensar limitações dos indivíduos e promover vida independente a estes. O termo utilizado na legislação brasileira abrange todos os produtos, instrumentos e equipamentos ou tecnologias adaptadas ou especialmente projetadas para melhorar a funcionalidade da pessoa com deficiência, tendo em vista favorecer a autonomia pessoal do indivíduo.

Em uma vasta categoria de necessidades, TA podem ser aplicadas em vários aspectos e áreas, sempre com o objetivo de amenizar dificuldades, e reduzir barreiras na vida das pessoas que dela precisam. Nas áreas de aplicação, geralmente, pessoas especiais utilizam combinações de várias aplicações de TA.

Como já foi discutido, em síntese Bryant e Bryant (2003) afirmam que TA pode ser definida como processos, métodos, ou invenções que dão suporte às pessoas com deficiência. A Figura 1 ilustra algumas aplicações práticas para modalidades diferentes de deficiência, dentre elas, visual, física, auditiva e cognitiva.



Figura 1 – Exemplos de tecnologias assistivas para diferentes deficiências.

Fonte: Adaptado de Bersch (2013)

Desde que foi idealizada, a TA vem sendo aplicada; entretanto, é nessas últimas décadas que vem recebendo atenção no desenvolvimento. Trabalhos na área são aplicados e melhorados com a evolução das tecnologias até os dias atuais. Apesar de algumas tecnologias manterem a mesma estrutura, há décadas, elas são convertidas em forma ou tecnologia usada na produção.

Neste sentido, defende-se que aplicações e mudanças nas Tecnologias Assistivas serão potencializadas se incorporadas, no processo de trabalho, às tecnologias leves, no encontro entre trabalhadores e estes e os usuários.

2.3 COMPUTAÇÃO UBÍQUA

Weiser (1991) tinha a visão de uma nova linha de pesquisa não explorada na computação: as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas se entrelaçam com o cotidiano até que se tornem indistinguíveis dele. O cerne da computação ubíqua é a criação de ambientes saturados de recursos computacionais e de capacidade de comunicação integrados de modo transparente ao ser humano.

A evolução da computação ubíqua deve-se aos avanços das tecnologias em equipamentos cada vez menores e com alto poder computacional. Esses equipamentos são *smartphones*, *tablets* e PDAs (*Personal Digital Assistants*), dentre outros que foram equipados com a capacidade de lidar com dados multimídias, além das funcionalidades originais, como a capacidade de comunicação via telefonia celular. Esses dispositivos também possuem diversas funcionalidades e interfaces como GPS (*Global Positioning System*), rádio e TV, tocadores de áudio e câmeras fotográficas digitais integradas. Esses dispositivos vêm sendo usados em aplicações que envolvem indústria, educação, medicina, etc.

Segundo Norman (1998), a computação ubíqua é conhecida também como computação invisível. Weiser e Brown (1996) definiram que a internet nos levaria através de uma era de computação distribuída generalizada, a computação ubíqua, que seria o terceiro grande paradigma computacional, precedido pela era dos *mainframes* e pelo computador pessoal. A Tabela 1 resume as três eras computacionais defendidas pelos autores.

Tabela 1 – Eras Computacionais Defendidas por Weiser.

Era Computacional	Características
Mainframes	Uma máquina para vários usuários
Computação Pessoal	Uma máquina para cada usuário
Computação Ubíqua	Várias máquinas para cada usuário

Fonte: Adaptado de Weiser e Brown (1996)

O conceito de computação ubíqua pode confundir, dada a aproximação com outras áreas da computação, como Computação Pervasiva ou Computação Móvel. No entanto, existem diferenças que caracterizam cada uma delas. A computação móvel é formada por sistemas computacionais que se comunicam entre si, por meio de redes sem fio, o que possibilita a mobilidade desses dispositivos, podendo realizar comunicação, independente de sua localização física ou do fato de estar em movimento.

Computação pervasiva trata da capacidade de um dispositivo prover acesso às aplicações por meio de interações naturais com os usuários, de modo que seu uso possa ser o mais transparente possível, e tendo a capacidade de obter informações sobre o ambiente ao seu redor para configurar e adaptar a aplicação, para que funcione de modo mais eficiente ou personalizado em um ambiente (OBAIDAT; DENKO; WOUNGANG, 2011).

A computação ubíqua integra os avanços da computação móvel e da computação pervasiva objetivando-se no incremento das possibilidades de locomoção de serviços entre ambientes. Em síntese, a computação pervasiva busca maior integração entre a computação e o ambiente físico na qual ela está imersa. A Figura 2 ilustra estas dimensões da computação ubíqua, relacionando a computação ubíqua, computação pervasiva e computação móvel.

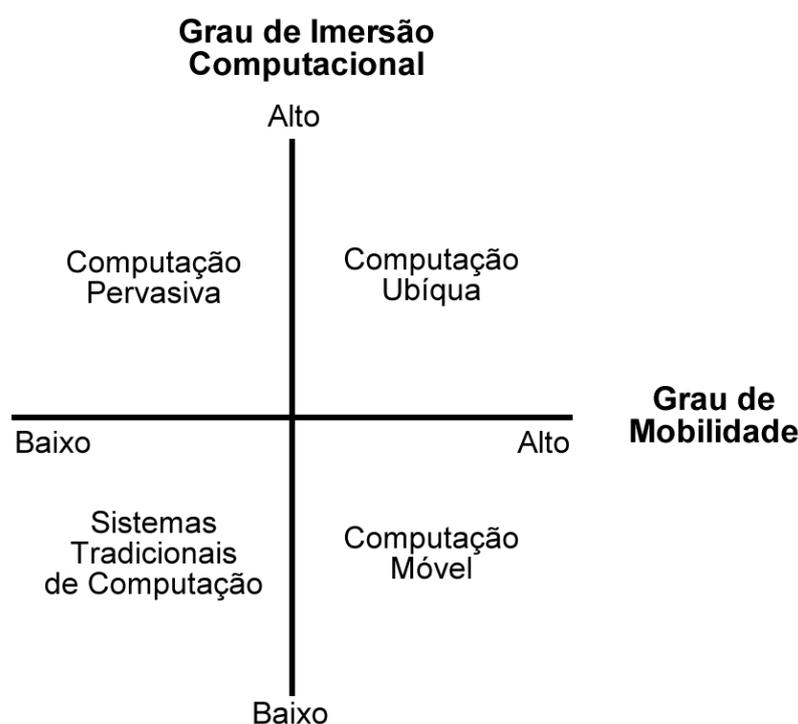


Figura 2 – Dimensões da Computação Ubíqua.

Fonte: Adaptado de Lyytinen e Yoo (2002)

Sendo assim, o desafio da computação ubíqua é a constante busca pela fusão da computação móvel com a capacidade de integração com o meio oferecido pela computação pervasiva, conforme ilustra a Figura 3 ilustra essa imersão das três áreas.



Figura 3 – Os universos da Computação Móvel e Computação Pervasiva. A intersecção é objetivo da computação Ubíqua.

2.3.1 Computação Sensível ao Contexto

Machado, Librelotto e Augustin (2010) definem como uma das principais sub-áreas de pesquisa da computação ubíqua a computação sensível ao contexto do *context-aware computing*. O objetivo da computação sensível ao contexto é elaborar uma maneira de coletar dados automaticamente para dispositivos computacionais capazes de refletir as condições atuais do usuário, do ambiente no qual o mesmo se encontra e do próprio dispositivo utilizado, considerando tanto suas características de hardware, como também de software e de comunicação.

Atividades estão envolvidas e são influenciadas por um contexto. Por exemplo, uma frase dita por uma pessoa pode ter seu sentido mudado, baseado, dependendo dos movimentos que ela realiza com sua mão, ou seja, o contexto em que a comunicação está inserida modifica o seu significado.

Inúmeros pesquisadores escreveram trabalhos em que redefinem o significado da palavra contexto, a fim de adaptá-la à realidade computacional. Dey e Abowd (1999) definem contexto como qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que é considerado relevante para a interação entre o usuário e a aplicação, inclusive o próprio usuário e a aplicação. Desta forma, toda informação somente é útil quando há relação entre ela e um contexto específico.

Essa definição é uma das mais usadas, pois ela torna mais fácil ao desenvolvedor classificar o contexto em uma aplicação, ou seja, se um pedaço de informação pode ser usado para caracterizar uma situação do usuário relacionando sua interação com a aplicação, então essa informação é contexto.

Além de definir, Dey e Abowd (1999) apresentam também uma categorização inicial definida em contexto primário e secundário. O primário é composto por localização, identidade, tempo e/ou atividade, ou seja, situações que caracterizam uma entidade e, por isso, são mais importantes que os outros tipos de contexto. Informações que podem ser inferidas ou encontradas através do contexto primário são classificadas como contexto secundário, como por exemplo, o e-mail de um usuário através do nome do mesmo.

Abowd e Mynatt (2000) sugerem o uso das cinco dimensões semânticas, detalhadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Dimensões Semânticas de Contexto.

Dimensão	Descrição
Quem	Quem realiza uma determinada atividade, quem pode alterar o contexto ou que pode ser notificado caso o contexto seja alterado.
Onde	Onde o contexto está. Esta é uma das dimensões mais usadas devido ao grande interesse de sistemas baseados em localização.
Quando	A informação temporal para determinar quanto tempo uma entidade está dentro de um contexto. Esta dimensão é associada com a dimensão.
Onde	Permite rastrear os caminhos que uma entidade tomou durante um período.
O Quê	O que o usuário está fazendo nesse momento. Geralmente necessita de sensores para determinar qual é a atividade, o que torna isso uma tarefa complexa.
Porquê	Determinar o porquê o usuário está realizando determinada atividade, essa é uma das tarefas difíceis por envolver questões de inteligência artificial.

Quando comparado às cinco dimensões semânticas com a classificação de contexto primário e secundário definidas por Dey e Abowd (1999), pode-se notar que o contexto primário engloba “Quem”, “Onde”, “Quando” e “O quê” e que o contexto secundário englobaria “Porquê”.

O contexto desempenha um papel primordial para permitir que os sistemas refinem a informação disponível em informação relevante, escolham ações apropriadas a partir de uma lista de possibilidades ou determinem o melhor método para a disponibilização da informação. O contexto guia as variações do comportamento de um Sistema Sensível ao Contexto (SSC), enriquecendo a interação do usuário, tanto por influenciar recomendações como por executar adaptações de qualquer tipo (SANTOS, 2008). Dey e Abowd (1999) classificam SSC como sistemas que usam contextos para prover informações ou serviços ao usuário.

Os SSC se utilizam de informações extraídas do contexto da interação para fornecer serviços adaptados e relevantes na realização das tarefas do usuário (BALDAUF; DUSTDAR; ROSENBERG, 2007). Sistemas sensíveis ao contexto, como o nome sugere, são cientes do estado de um contexto, percebendo suas mudanças.

Desenvolver um SSC, contudo, é uma tarefa complexa. Ao projetar um sistema sensível ao contexto, o operador deve esforçar-se com questões voltadas a identificar qual

tipo de informação pode ser considerada contexto, como representar essa informação e como adquirir e processar essa informação, uma vez que pode ser procedente de fontes heterogêneas, além de como integrar o uso do contexto ao sistema.

A sensibilidade ao contexto está relacionada com a adaptação da aplicação, de acordo com sua localização de uso, as pessoas ou objetos circundantes, bem como as mudanças que ocorrem nesses objetos ao longo do tempo (SCHILIT; THEIMER, 1994; DEY, 2001; COUTAZ *et al.*, 2005). Um SSC é capaz de adaptar suas operações sem a necessidade de intervenção explícita do usuário, fornecendo informações e/ou serviços que são relevantes para o usuário realizar suas tarefas considerando as informações extraídas do contexto da interação (DEY, 2001; BALDAUF; DUSTDAR; ROSENBERG, 2007).

2.3.2 Computação Persuasiva e Computação Sensível ao Usuário

Atualmente máquinas podem ser utilizadas como meio de persuasão, influenciando indivíduos a fazerem as mais diversas escolhas, nas mais diversas áreas. Persuasão é o poder de convencer indivíduos, seja de forma individual ou coletiva a concordar com determinado pensamento, valor ou ideia Steffen (2007). A tecnologia persuasiva pode ser definida como qualquer sistema computacional interativo capaz de mudar as atitudes ou conhecimento das pessoas. Pode-se afirmar que a tecnologia persuasiva apareceu pela primeira vez entre os anos de 1970 e 1980, com sistemas computacionais destinados a ensinar a adolescentes sobre doenças, drogas, exercícios, entre outros (FOGG, 2003).

Com base no cenário da Computação Sensível ao Contexto, dos Sistemas Sensíveis ao Contexto e na Computação Ubíqua, é introduzido, neste trabalho o que venha a ser um novo paradigma a ser estudado junto à Computação Ubíqua: os Sistemas Sensíveis ao Usuário. Esses sistemas são responsáveis por auxiliar usuários com algum tipo de problema com base nos contextos fornecidos pelas aplicações e, ainda, persuadir os usuários a autocuidar-se.

2.4 SISTEMAS INTELIGENTES

O homem tem a aptidão única de pensar e, desde muitos anos, procurou-se compreender como pensamos, isto é, a capacidade que temos de perceber, compreender e prever algo, tomando como base o conhecimento adquirido. Com base nisso, a área da Inteligência Artificial (IA) não tenta apenas compreender, mas também construir máquinas inteligentes (RUSSEL; NORVIG, 2010).

A IA é uma ciência recente, e sabe-se que surgiu em meados da década de 1950, quando a ciência encontrava-se em um momento no pós-guerra, quando diversos avanços na Lógica Matemática e na Psicologia Cognitiva possibilitavam representar o cérebro humano. Com o advento e popularização dos computadores, principalmente através das linguagens de terceira geração, passamos a dispor de máquinas capazes de imitar o cérebro.

A IA tem por objetivo capacitar uma máquina a executar funções que são desempenhadas pelo ser humano, usando conhecimento e raciocínio. Para que possamos aspirar à ação inteligente, é necessário que sejam analisados todos os aspectos relativos ao desenvolvimento e uso da inteligência (REZENDE, 2003).

As técnicas inteligentes são ferramentas computacionais que buscam otimizar seus resultados aplicando alguma característica inerente ao funcionamento dos mecanismos biológicos, sejam: processamento paralelo, a evolução natural e/ou o tratamento de informações subjetivas. Com o avanço da computação, da IA e da comunicação, através de técnicas inteligentes, tornou-se possível o desenvolvimento de sistemas capazes de obter informações a partir de bases de dados.

Os Sistemas Inteligentes (SI) apresentam alguns pontos-chave que são importantes destacar, tais como: habilidades para armazenar, recuperar, adaptar e modificar seu contexto para desempenhar tarefas ou resolver problemas de forma inteligente e a capacidade para aproveitar associações e inferências para atuar em problemas complexos que se assemelham a problemas reais (REZENDE, 2003). SI são exemplos de sistemas que utilizam a tecnologia da informação para manipular conhecimentos especializados com benefícios qualitativos e quantitativos.

Geralmente técnicas de SI são aplicadas em conjunto, entretanto podem ser aplicadas isoladamente. Muitas podem ser as técnicas metodológicas aplicadas em SI, entre elas destacam-se: sistemas especialistas baseados em regras, redes neurais artificiais, lógica *fuzzy*, mineração de dados e de textos, entre outras.

2.4.1 Sistemas Especialistas

Segundo Coppin (2004), Sistemas Especialistas (SE) são sistemas computacionais que usam regras para prover recomendações ou diagnósticos a fim de decidir uma linha de ação em uma situação particular ou para solucionar um problema específico. Os SE são técnicas destinadas a solucionar problemas em campos específicos de conhecimento, munidos, para isso, de uma base de conhecimento do domínio restrito. SE usam inferências para executar tarefas e têm desempenho comparável ao dos especialistas humanos.

Por meio do amplo conhecimento armazenado, do rápido raciocínio e por se tratar de um programa de computação, os SE embasam especialistas humanos nas suas decisões para uma ação imediata ou antecipada, sendo a situação de emergência amenizada através do suporte e auxílio desses sistemas.

As características essenciais dos Sistemas Especialistas são a habilidade em utilizar conhecimento para realizar tarefas ou propor soluções, bem como a capacidade de trabalhar com problemas complexos, através de associações e inferências que se assemelham a situações reais. Destaca-se também a habilidade de armazenar e processar uma grande quantidade de informações, buscando a solução de um problema ou auxiliando na tomada de decisão, conectando o pensamento e as ideias do homem, de maneira não-linear, ou seja, de modo associativo (REZENDE, 2003).

Segundo Coppin (2004), a estrutura de um sistema baseado em regras é composta por três componentes essenciais:

- **Uma base de conhecimento:** consiste num conjunto de regras que representam o conhecimento do sistema;
- **Um banco de dados de fatos:** representa entradas para o sistema que são utilizadas para derivar conclusões ou resultar em ações;
- **Um intérprete, ou motor de inferência:** parte do sistema que controla o processo de retirar conclusões, com base nas regras e fatos que são combinados para inferir conclusões.

O sistema, quando é de natureza crítica, como, por exemplo, um sistema de diagnóstico médico, pode conter outro componente que explica para o usuário sobre como o motor de inferência chegou às suas conclusões. Se o sistema usou raciocínio falho para chegar às suas conclusões, por exemplo, então o usuário pode ser capaz de ver isso, examinando os dados fornecidos pelo sistema de explicação.

Grande parte do esforço de desenvolver um SE se encontra no momento de capturar e utilizar o conhecimento de um ser humano em uma aplicação computacional. Essa é uma tarefa importante, mas para que ela resulte em um bom SE, o mesmo deve ser desenvolvido utilizando técnicas que considerem todo o universo que o cerca, desde o início do projeto até a morte do programa.

Essas técnicas envolvem o ciclo de vida de um programa, aumentam a sua qualidade e facilitam a sua manutenção. Um ponto considerado muito importante é a avaliação do sistema no que diz respeito à sua aplicabilidade. Como qualquer programa, segundo Barreto (2001), fases do ciclo de vida de um SE podem ser descritas como:

- **Análise de Oportunidades:** estudo dos problemas relevantes a serem tratados pelo SE;

- **Análise Funcional:** aplicação das funcionalidades de usuários;
- **Conceituação:** elaboração do modelo capaz de resolver o problema, incluindo a definição das ferramentas a serem utilizadas;
- **Elicitação do conhecimento:** obtenção do conhecimento do especialista pelo engenheiro do conhecimento;
- **Implementação:** desenvolvimento construtivo do sistema, utilizando alguma linguagem e/ou ferramenta de programação;
- **Teste do SE:** utilização de problemas e soluções propostas por especialistas, diferentes das usadas para construir a base de conhecimento e comparando as respostas do SE com as do especialista;
- **Manutenção:** atualização da base de conhecimentos e melhoria da interface;
- **Morte:** termina o ciclo de vida.

Os SE são ferramentas fundamentais para as áreas como indústria, educação, medicina, comércio, finanças ou jurídica, ou seja, em segmentos onde se requer um especialista. Sua utilização destaca-se, especialmente, em sistemas de apoio à decisão.

As representações do conhecimento de SE são baseadas em regras de inferências e são estruturadas em uma série de regras “SE_ENTÃO”, que possuem o seguinte significado: *SE premissa ENTÃO consequência*. Com isso, as regras estabelecem as relações entre os fatos. Nesses sistemas, o engenheiro do conhecimento estrutura e codifica o conhecimento do especialista por meio de regras e a máquina de inferência processa as regras. Tal estratégia pode ser controlada pela base de conhecimento. Nas regras de inferência, a premissa pode ser formada por um conjunto de declarações relacionadas por “E” ou “OU” e cada uma das declarações terá um estado falso, verdadeiro ou desconhecido. No caso de existir declarações cujo estado é desconhecido, o processo de inferência deve ser capaz de lidar com incertezas. O Algoritmo 1 exemplifica um Sistema Especialista:

Algoritmo 1 Exemplo de Sistema Especialista

- 1: **se** o paciente tem dor de cabeça
 - 2: **e** a dor é muito forte
 - 3: **e** a dor é constante
 - 4: **e** a dor aumenta com o barulho
 - 5: **e** a dor aumenta com a luz **então**
 - 6: o diagnóstico é possivelmente uma enxaqueca.
 - 7: **fim se**
-

Após os dados disponíveis e relevantes sobre o paciente terem sido submetidos a estes testes condicionais, com base nessa técnica, pode-se chegar ao diagnóstico final

de uma determinada doença. Representar conhecimento e manipulá-lo são tarefas não dominadas completamente e ainda objeto de pesquisas. A área médica, em particular, é uma área onde vigora o conhecimento incerto; portanto, representar e manipular o conhecimento nessa área traz um complicador adicional.

Na Medicina, médicos geralmente raciocinam com incerteza, visto que, em geral, os sintomas podem ser comuns a várias doenças e não determinam uma doença específica. Assim, os médicos lidam todo o tempo com a incerteza, decidindo o tratamento das doenças baseando-se em evidências obtidas através da análise, sintomas e exames clínicos e laboratoriais de seu paciente.

O processo de tomada de decisões ocorre em diversos momentos da atividade do médico. Outras importantes situações ao longo da atenção médica, nas quais o computador pode auxiliar nas decisões estão relacionadas basicamente à resolução de problemas que caracterizam a Medicina Clínica (SABBATINI, 1993): o diagnóstico, o planejamento terapêutico e o prognóstico.

Estes três níveis de decisão são fortemente inter-relacionados e fazem parte de um ciclo repetitivo e automodificável de coleta de dados-decisão-ação-avaliação, conforme é ilustrado na Figura 4.

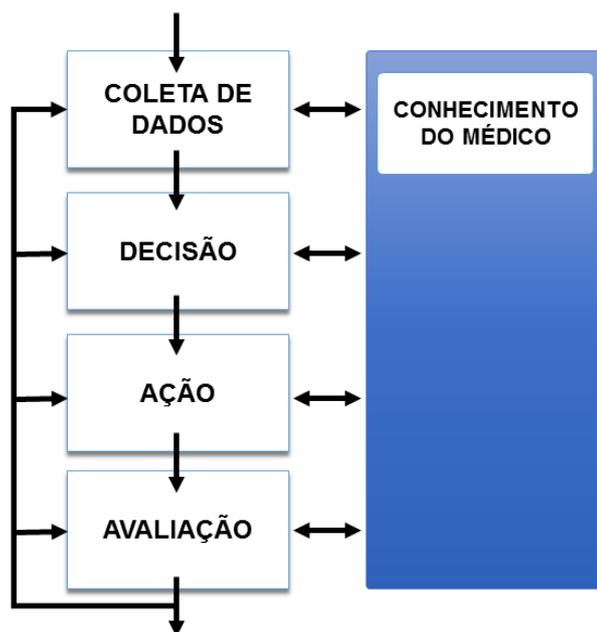


Figura 4 – Processos básicos de tomada de decisão em Medicina.

Fonte: Adaptado de Sabbatini (1993)

Com base no que foi discutido, observa-se que o processo de tomada de decisão médica é facilmente implementado em SE, em especial os baseados em regras, descritos na próxima subseção.

2.4.1.1 Sistemas Especialistas Baseado em Regras

Sistemas especialistas, como descrito anteriormente, são projetados para modelar o comportamento de um especialista em alguma área. Os sistemas especialistas baseados em regras são sistemas especialistas projetados para usarem as mesmas regras que o especialista usaria para tirar conclusões a partir de um conjunto de fatos que são apresentados ao sistema.

Esses sistemas são desenvolvidos geralmente por várias pessoas e podem ter como usuário final, por exemplo, um médico que o utiliza como auxílio ao diagnóstico ou um paciente que deseja diagnosticar algum problema com base em alguns sintomas.

Sistemas especialistas, compostos por componentes descritos anteriormente, possuem uma arquitetura padrão conforme ilustrada na Figura 5. Para os sistemas especialistas baseados em regras, a base de conhecimento de domínio é expressa sob a forma de uma série de regras. Outro componente chamado de editor de base de conhecimento pode ser encontrado nesses sistemas; entretanto esse editor não é disponibilizado para o usuário final do sistema ficando restrito apenas ao engenheiro ou especialista responsável por editar e atualizar o conhecimento contido dentro do sistema.

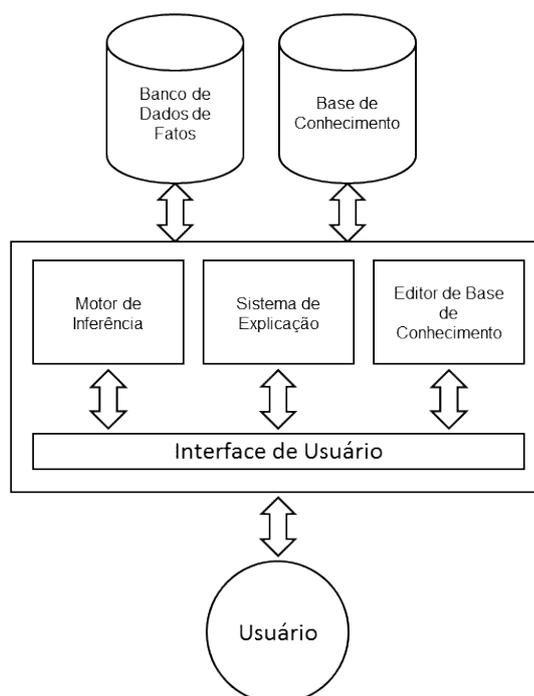


Figura 5 – Arquitetura de um Sistema Especialista.

Fonte: Adaptado de Coppin (2004)

Na literatura existem diversos trabalhos sobre Sistemas Especialistas Baseados em Regras utilizados no apoio à decisão médica. Jadhav e Sattikar (2014) realizaram um levantamento dos mais importantes trabalhos na área, entretanto existem outros

exemplos:

- Rodbard e Vigersky (2011) desenvolveram um sistema informatizado de apoio à decisão clínica para médicos que tratam pacientes com diabetes tipo 2. Para testarem o sistema, utilizaram análises estatísticas de automonitoramento de dados de glicose no sangue, dados laboratoriais, histórico médico e medicamentoso, e medidas de hemoglobina A1c de cada indivíduo. Um sistema especialista baseado em regras gerou recomendações para mudanças na terapia e explicações que acompanharam essas recomendações.
- Başçiftçi e Hatay (2011) desenvolveram um sistema especialista baseado em regras reduzidas para o diagnóstico de diabetes. O processo de redução das regras foi baseado na simplificação de funções lógicas. A taxa de precisão desse sistema para pacientes diabéticos foi de 97,13%; em pacientes não-diabéticos foi de 97%; 96,5% em pacientes tipo 1; 98,26% em pacientes tipo 2 e 97,44% em grávidas pacientes.
- Seto *et al.* (2012) desenvolveram um sistema especialista baseado em regras para um sistema de telemonitoramento baseado em M-health para insuficiência cardíaca. O sistema gerou alertas e instruções com base no peso do paciente, pressão arterial, frequência cardíaca e os sintomas relatados pelos pacientes. Como resultados, as regras estabelecidas foram associadas com um aumento significativo de autoatendimento e melhorou o manejo clínico de insuficiência.

2.5 TRABALHOS RELACIONADOS

Algumas pesquisas relacionadas aos cuidados com os pés diabéticos com o auxílio de M-Health ou Telemedicina foram encontrados na literatura. Os estudos encontrados encorajaram em: melhorar ou auxiliar o tratamento de úlceras nos pés do diabético; monitorar a saúde dos pés do diabético; e/ou prevenir o aparecimento de úlceras através da realização de cuidados preventivos com os pés, que caracteriza-se e se correlaciona com o objetivo desta pesquisa.

Clemensen, Larsen e Ejskjaer (2005) propôs o tratamento de úlceras nos pés dos diabéticos com o uso de telemedicina. Foi investigado o uso da telemedicina para permitir que uma enfermeira, na casa do paciente, coordenasse o tratamento com especialistas no hospital através de vídeos chamadas. Concluíram com um teste piloto com cinco pacientes e foram oferecidas três teleconsultas em vez de visitas ao hospital. Os resultados dos testes foram promissores, segundo os pesquisadores concluiu que: os especialistas e pacientes afirmaram que o equipamento foi fácil de usar; o médico

pode prescrever um tratamento à distância; a enfermeira teve contato em tempo real com o hospital e o tratamento pode começar imediatamente de acordo com as ordens do médico; e o paciente economizou tempo em não ter que viajar para o hospital. Os resultados desse estudo foram comentados após dois anos do teste piloto.

Já Texier *et al.* (2013) apresenta o SWAN-iCare e seu potencial impacto na área de tratamento de feridas nos pés de pacientes. O SWAN-iCare faz parte de um projeto que visa o desenvolvimento de um dispositivo autônomo integrado, para o acompanhamento e a gestão personalizada de feridas crônicas, principalmente úlceras nos pés diabéticos e úlceras venosas. O dispositivo tem o objetivo de permitir aos usuários: 1) acompanhar com precisão diversos parâmetros da ferida, via microssensores integrados não-invasivos; 2) identificar precocemente infecções; 3) remotamente fornecer uma terapia de duas linhas inovadoras personalizadas via micro atuadores não-invasivos para complementar a terapia de feridas por pressão negativa.

No trabalho de Wang *et al.* (2014) é apresentado um sistema com precisão promissora de análise do estado de cura de uma ferida. A análise é realizada em um smartphone com sistema operacional Android. A imagem da ferida é capturada pela câmera do smartphone com a ajuda de uma caixa de captação de imagem e depois o aparelho executa uma segmentação da ferida através de um algoritmo de deslocamento significativo acelerado. A condição de cicatrização é avaliada quantitativamente, com base em análise de tendências de registros de tempo para o paciente.

No tocante ao monitoramento da saúde dos pés de pacientes diabéticos, Dabiri *et al.* (2008) propuseram o desenvolvimento de fios ortopédicos eletrônicos compostos de sistemas leves e sensores embutidos não-invasivos que podem ser usados por pacientes diabéticos que sofrem de neuropatia periférica. O sistema proposto monitora os pés em movimento e a distribuição de pressão sob os pés, em tempo real, além de classificar o estado do paciente. O sistema detecta ainda as condições que poderiam causar uma úlcera no pé. Este sistema fornece um mecanismo de feedback contínuo; por exemplo, em caso de um comportamento ou condição indesejável, o sistema envia uma mensagem para o paciente e cuidador, através de wireless.

Ainda na área de monitoramento dos pés, Bernard *et al.* (2009) apresentam uma pesquisa de desenvolvimento e protocolo de teste de um dispositivo destinado a funcionar como um sistema de detecção precoce para a formação de úlcera no pé. O dispositivo monitora áreas de alto risco nas solas dos pés e sintomas indicativos de ulceração. Os sensores de pressão e temperatura são colocados em zonas de alto risco de uma palmilha e são usados em conjunto com um sistema de aquisição de dados para ler os dados necessários das solas dos pés dos pacientes. O estudo piloto foi realizado com uma pessoa do sexo masculino, com 75 Kg e saudável enquanto caminhava. Os valores de pressão foram retirados do dedo grande do pé, bola plantar e calcanhar. Os dados recolhidos indicam áreas do plantar que enfrentam a pressão mais localizada e,

portanto, estão em maior risco de ulceração.

Reis, Rosa e Rocha (2010) apresentaram um protótipo de uma palmilha derivada do látex natural da seringueira (*Hevea brasiliensis*) com controle de pressão e com capacidade de neoformação tecidual, voltada para pessoas que possuam o pé diabético. O protótipo possui como elemento ativo um circuito eletrônico que monitora a pressão dos pés aplicada a cada ciclo de passo. Além disso, dentro desta etapa de monitoramento é utilizada uma célula irradiadora de sinal baseado no princípio de regeneração tecidual com utilização de laser, com o objetivo de ocasionar a neoformação tecidual. Os resultados da investigação foram importantes para avaliar alguns fatores como: comportamento do pé diabético com relação à passada e à distribuição de pressão e uma análise de uma célula para auxílio na regeneração do tecido.

Santos *et al.* (2012) apresentam o SiSPED 2.0, uma extensão do SiSPED, um sistema que ajuda na detecção de feridas em um estágio inicial, ou outros sintomas que poderiam levar a uma amputação no futuro. O monitoramento do paciente diabético é realizado por meio de visitas sucessivas do paciente ao centro de saúde. Em cada visita, uma série de exames e questionários é executada. Durante essas visitas, o SiSPED é usado para cadastro no banco de dados de informações sobre exame do pé diabético desse paciente. O SiSPED 2.0 implementa novas exigências da rotina médica para o tratamento do pé diabético e teve o sistema completamente redesenhado e desenvolvido com novas tecnologias.

Dutta e Dutta (2013) concentram-se em uma aplicação baseada em *smartphone* para monitorar a sola do pé para detecção de calos e pressões, chamadas pontos quentes na palmilha de sapato, para que assim possam ser tratados em tempo hábil, evitando então o aparecimento de úlceras. O monitoramento se dá por meio de um algoritmo em um *smartphone* Android que monitora irregularidades na pele e em um servidor que processa os padrões de desgaste da palmilha para a detecção de pressão. O sistema é capaz ainda de gerar notificações no telefone celular dos pacientes, para que eles possam agendar uma consulta com um podólogo para checkup e alívio dos pontos quentes.

Paralelamente, Santos (2013) propõe um sistema de educação do profissional de saúde acerca do problema do pé do diabético. Este estudo descritivo de desenvolvimento experimental de um protótipo objetivou elaborar um aplicativo para prevenção de pé diabético que auxiliasse no suporte assistencial e educação permanente de profissionais de saúde. O aplicativo é constituído de um módulo de cadastro dos profissionais de saúde, módulo de consulta e orientações e módulo de sincronização com o servidor central. O estudo afirma que, diante dos resultados expostos, a incorporação de novas tecnologias no cuidado foi considerada possível, uma vez que facilitaram e agilizaram a assistência do paciente com DM. Além disso, o estudo afirma também que essas tecnologias podem ser um veículo de educação permanente e apoio à decisão clínica. O estudo, porém, não foi validado na prevenção do pé diabético.

Por fim, o trabalho de Chammas *et al.* (2013) propõe um modelo computacional baseado em ontologias habilitadas que podem moldar o desenvolvimento de uma ferramenta de software automatizada, com a finalidade de fornecer lembretes específicos de cada paciente, orientações e ação na prevenção do desenvolvimento do pé diabético em pacientes diabéticos. A ferramenta destina-se a pacientes que gostariam de gerir a doença e a profissionais de saúde que podem compartilhar conhecimentos de forma mais eficaz para os pacientes.

Para uma melhor compreensão entre as áreas de atuação de todos os trabalhos citados, a Tabela 3 apresenta um comparativo entre estes trabalhos e o SIM2PeD, usando como comparativo algumas nomenclaturas: M-Health (MH); Tratamento de Úlceras (TU); Acompanhamento de Úlceras (AU); Monitoramento da Saúde dos Pés (MSP); Alerta ao Paciente e Médico (APM); Estímulo de Regeneração Tecidual (ERT); Apoio a Formação de Conhecimento do Profissional de Saúde ou Paciente (AFCPSP); Lembretes de Cuidados para Prevenção (LCP) e; Monitoramento de Cuidados Realizados (MCR).

Tabela 3 – Tabela de comparação entre os trabalhos apresentados.

	MH	TU	AU	MSP	APM	ERT	AFCPSP	LCP	MCR
Clemensen, Larsen e Ejskjaer (2005)	★	★							
Texier <i>et al.</i> (2013)	★	★	★						
Wang <i>et al.</i> (2014)	★		★						
Dabiri <i>et al.</i> (2008)	★			★	★				
Bernard <i>et al.</i> (2009)	★			★					
Reis, Rosa e Rocha (2010)	★			★		★			
Santos <i>et al.</i> (2012)	★			★					
Dutta e Dutta (2013)	★			★	★				
Santos (2013)	★						★		
Chammas <i>et al.</i> (2013)	★							★	
SIM2PeD	★			★	★		★	★	★

Ressalta-se que todas as tecnologias apresentadas são válidas e contribuem para uma melhor qualidade de vida do paciente diabético. Esta proposta, porém, como descrito na seção 1.2, se concentra no desenvolvimento de um sistema que possa prevenir o aparecimento de úlceras, com base na educação do indivíduo. O trabalho de Chammas *et al.* (2013), apesar de ser uma pesquisa próxima ao objetivo deste trabalho, possui

limitações quando não alerta os pacientes e profissionais de saúde com relação ao surgimento da úlcera por falta de cuidados nem fornece lembretes específicos com base no contexto e localização do paciente.

3 SISTEMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO DA PREVENÇÃO DO PÉ DIABÉTICO

Este capítulo é destinado à apresentação do SIM2PeD, objeto de desenvolvimento desta dissertação de mestrado. Assim, para melhor entendimento, este capítulo apresenta em:

3.1 VISÃO GERAL: os sistemas que integram o SIM2PeD, uma visão geral do sistema e as atividades realizadas no SIM2PeD;

A seção que se apresenta detalha o funcionamento do SIM2PeD e não é determinante apenas para o tema de estudo desta dissertação, o problema do pé diabético. O SIM2PeD, em sua configuração, pode ser usado para acompanhamento de pacientes de diversas moléstias.

3.1 VISÃO GERAL

A cura do diabético requer uma mudança de sua rotina e estilo de vida, tornando a adesão ao tratamento um grande desafio para profissionais e serviços de saúde (SANTO *et al.*, 2012). Esse comprometimento é muito mais do que simplesmente cumprir determinações da equipe de saúde, pois, se entendido dessa maneira, supõe-se que o paciente não tenha a consciência do problema, sendo completamente excluído do autocuidado com a saúde.

Sabendo da importância dos cuidados com os pés dos diabéticos e da dificuldade que estes pacientes têm em realizar o tratamento, constatou-se a necessidade de um sistema que, baseado em sua rotina diária, recomende aos diabéticos cuidados com os pés e monitore esse tratamento. O acompanhamento dos cuidados se faz necessário para auxiliar o acompanhamento do paciente e o apoio à decisão médica, com o objetivo de evitar complicações em seus membros inferiores.

Assim, para recomendar e acompanhar esses cuidados foi desenvolvido o SIM2PeD (Mobile e Web), que é um sistema autônomo e adaptável à rotina do usuário. Este sistema visa orientar pacientes ou cuidadores dos diabéticos, com base em lembretes sobre os cuidados com os pés, explorando uma abordagem educativa, visando a mudança de hábito, através das seguintes características: *feedback* de respostas de usuários aos cuidados realizados com os pés; monitoramento remoto de visualização de dicas; e cuidados com os pés, que lhes serão sugeridos visando incorporar uma análise estatística sobre o interesse do paciente com a saúde dos seus pés. Entretanto, nota-se que o processo

de autocuidado é muito subjetivo, pois depende da intenção e interesse pessoal do sujeito. E é nesse sentido que se pretende trabalhar com Tecnologia Assistiva Leve, com o objetivo de modificar o comportamento do sujeito com relação ao autocuidado do pé diabético.

O SIM2PeD é um sistema educativo de mudança de hábito para os cuidados com os pés em pacientes diabéticos. Para efeitos deste sistema, os seguintes requisitos inerentes à arquitetura foram definidos: I) disponibilizar ao usuário dicas sobre os cuidados com os pés do diabético; II) disponibilizar cuidados relacionados aos pés do diabético e relacioná-los às dicas; III) alertar sobre os cuidados com os pés aos usuários, com base nas suas rotinas diárias; IV) capturar respostas de realização desses cuidados; V) capturar estatísticas de uso do aplicativo, bem como do interesse do usuário sobre as dicas e recomendações futuras; VI) transmitir os dados coletados para o SIM2PeD Web para que possam ser processados; VII) processar os dados enviados; VIII) disponibilizar para a os profissionais de saúde um relatório explicitando os cuidados realizados e os não realizados; IX) alertar o usuário diabético sobre os riscos de não realizar os cuidados, informando a possibilidade do surgimento de úlceras quando cuidados deixam de ser realizados por um certo período.

O processo de alertas sobre os cuidados com os pés e, por conseguinte, o processo de aquisição dos dados das respostas sobre a realização desses cuidados deverão seguir regras temporais do profissional de saúde, que recebe o nome de rotinas do usuário.

As vantagens em usar o SIM2PeD consistem em acompanhar o tratamento de pacientes diabéticos com foco direcionado aos seus membros inferiores e proporcionar uma rápida intervenção de profissionais de saúde, com exceção dos casos de falha de software e/ou hardware. Entretanto, o SIM2PeD não substitui o atendimento médico frequente, o que é indispensável.

Para garantir os requisitos arquiteturais e para a realização das atividades, o sistema é composto por dois principais componentes: o SIM2PeD Mobile, que consiste em um *smartphone* com a aplicação SIM2PeD desenvolvida e instalada e o SIM2PeD Web, um ambiente web responsável por capturar e fornecer os dados processados.

A visão geral do sistema é ilustrada na Figura 6. O Servidor remoto é responsável por manter o SIM2PeD Web e disponibilizar os dados, através de conexão com a internet. Por meio dessa conexão, o SIM2PeD Mobile é responsável por armazenar e disponibilizar esses dados para os usuários diabéticos, utilizando-se de seus *smartphones*.

Ainda fundamentado nos requisitos arquiteturais, as cinco principais atividades do SIM2PeD ilustradas no fluxograma da Figura 7 são:

1. **Configuração do Ambiente:** a configuração do SIM2PeD inicia-se pela interface de gerenciamento e é necessária ao profissional de saúde: i) Cadastrar o usuário no SIM2PeD Web; II) Realizar a anamnese com o intuito de capturar a rotina do usuário e personalizar o SIM2PeD Mobile; e III) Cadastrar os cuidados e as

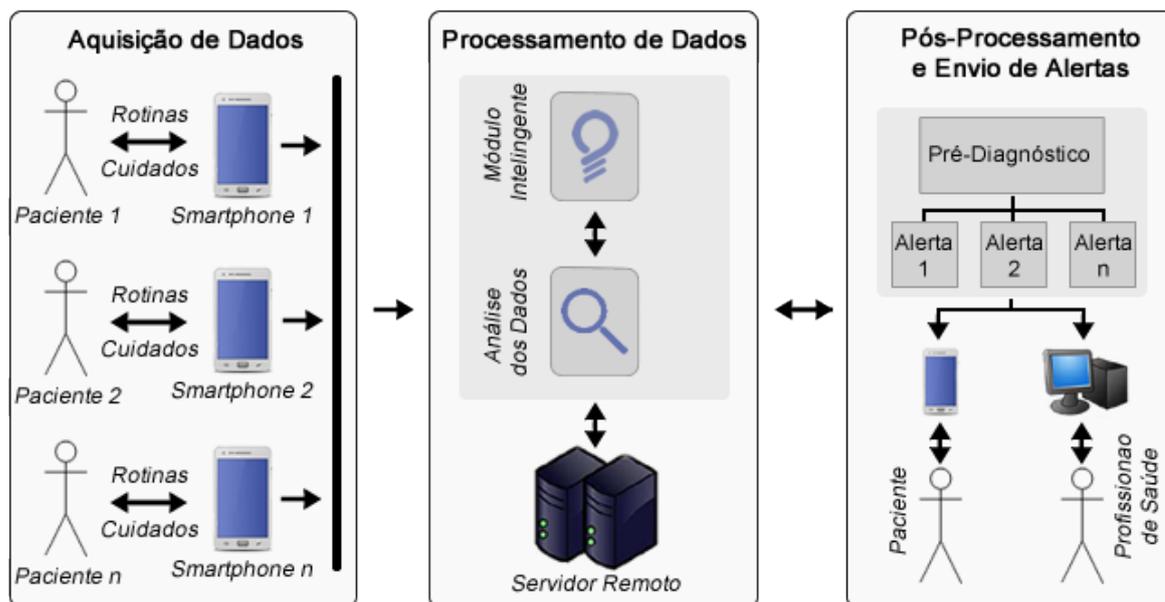


Figura 6 – Modelo de visão geral do SIM2PeD com os componentes do sistema.

dicas baseados na rotina. Para a configuração do SIM2PeD Mobile é necessário: I) o usuário diabético instalar o aplicativo SIM2PeD Mobile no *smartphone*; e II) Realizar o *login* com seu usuário e senha, disponibilizado pelo profissional de saúde.

2. **Aquisição de Dados:** realizada através das respostas dos usuários com relação aos cuidados dos pés, em botões dispostos no canto superior esquerdo da aplicação e através da navegação normal do usuário entre as telas do aplicativo;
3. **Transferência de Dados:** responsável por enviar os dados armazenados no SIM2PeD Mobile, através de uma conexão com a internet para o SIM2PeD Web, onde serão processados;
4. **Processamento e Análise dos Dados:** responsável pelo reconhecimento e correlação de padrões de respostas do paciente. Esta etapa é realizada pelo módulo inteligente do SIM2PeD Web;
5. **Pós-processamento e Disponibilização dos Dados:** responsável por disponibilizar os dados processados para a equipe médica, através do SIM2PeD Web e para os usuários, através do SIM2PeD Mobile. A disponibilidade dos dados no SIM2PeD Web é realizada por meio de ferramentas gráficas e dados estatísticos.

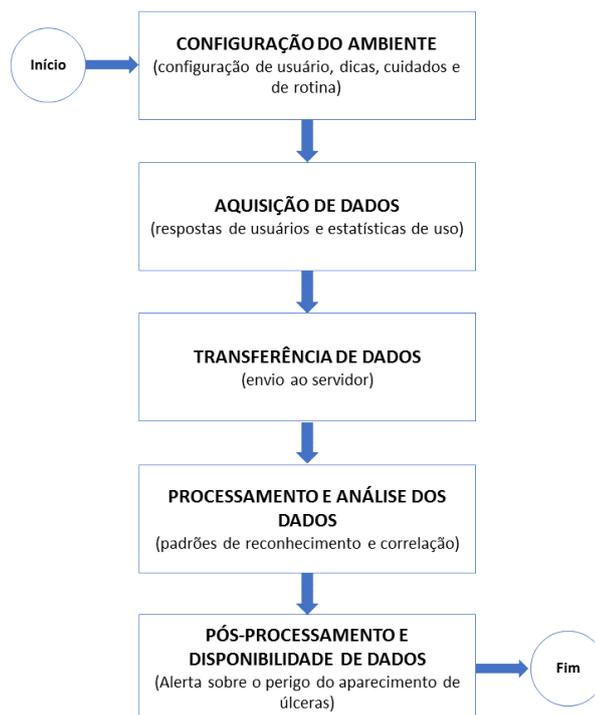


Figura 7 – Fluxograma de execução das atividades do sistema. O fluxograma representa as principais etapas no processo de aquisição dos dados e disponibilização da informação para a equipe médica e para os pacientes.

3.1.1 SIM2PeD Mobile

Os *smartphones* tornaram-se onipresentes no século 21. Estes dispositivos sensíveis ao toque fornecem aos usuários acesso constante à internet e hardware robusto, na palma da mão. O SIM2PeD Mobile é uma aplicação instalada no *smartphone* do usuário diabético e foi desenvolvido para Sistemacom esses sistemas operacionais foram o que mais se destacaram, representando, no segundo trimestre de 2014, uma fatia de 84,7% do mercado mundial de telefones inteligentes, segundo (IDC, 2014).

O SO Android é um sistema baseado no kernel do Linux e é mantido pela *Open Handset Alliance* (OHA), um grupo formado por mais de 40 empresas lideradas pela *Google Inc* Silva (2010). Esse sistema tem o objetivo de fornecer ao mercado móvel inovação e uma aceleração no que diz respeito ao desenvolvimento de aplicações e serviços.

Com base nesses pressupostos, *smartphones* Android são a plataforma ideal para o desenvolvimento de ferramentas de auxílio médico, devido ao seu poder de computação e prevalência no mercado.

O SIM2PeD Mobile é um sistema utilizado pelos usuários diabéticos e é responsável por fornecer dicas de cuidados com base na rotina desses sujeitos. O SIM2PeD Mobile tem a função de: alertá-los sobre os cuidados necessários para evitar complicações

nos membros inferiores; registrar respostas sobre a realização dos cuidados; registrar histórico e estatísticas de uso do aplicativo e interesse pelas dicas de cuidados; e enviar esses dados para o SIM2PeD Web.

O SIM2PeD Mobile é usado para armazenar e exibir as dicas, rotina do usuário, alertas sobre os cuidados e captura de dados estatísticos de realização dos cuidados e de uso do aplicativo. As sincronizações com o SIM2PeD Web são realizadas através de redes Wi-Fi e, em casos de não existência desta rede, serão feitas tentativas de conexão através da rede móvel

Em todas as interfaces o *layout* da aplicação foi desenvolvido para uma rápida e fácil interação do usuário, com botões em cores contrastantes. Em cada uma das telas a navegação do sistema é facilitada por intermédio de botões que possibilitam retornar imediatamente à tela anterior.

O SIM2PeD Mobile conta com um agente inteligente que, com base na localização e rotina do paciente, alerta-o sobre os cuidados necessários com os seus pés naquele ambiente. Um exemplo é quando o paciente está caminhando no parque: ele pode alertar sobre a precaução de caminhar sobre terrenos acidentados e desnivelados.

3.1.1.1 Especificação da Computação Sensível ao Contexto

Os cuidados sugeridos aos pacientes diabéticos seguem contextos temporais e com base na localidade do indivíduo. Essas regras são fundamentadas na tecnologia sensível ao contexto (*Context-Aware*).

Os lembretes dos cuidados baseados em contextos temporais seguem a rotina diária do indivíduo; como exemplo: 1) a hora em que ele vai dormir; 2) a hora em que sai para trabalhar; e 3) quando passa muito tempo sentado devido à sua condição de trabalho. O funcionamento da tecnologia sensível ao contexto, ilustrada na Figura 8, é baseada em contextos temporais que são aprimorados por contextos baseados na localidade, entregando assim para o usuário uma melhor experiência de uso em um sistema totalmente adaptável.

Com base nos lembretes gerados a cada semana e nas respostas dos cuidados, o SIM2PeD Mobile gera alertas de cuidados, chamando a atenção do usuário para procedimentos não realizados nas semanas anteriores. A Figura 9 ilustra o funcionamento da geração desses alertas.

Os algoritmos abaixo exemplificam como foi desenvolvido o sistema de alertas utilizando a tecnologia de computação sensível ao contexto no SIM2PeD Mobile. Destaca-se que outras regras foram implementadas. Entretanto, para efeito de exemplo é ilustrado no: Algoritmo 2: o processo de alerta para realização de cuidados antes de dormir - o que

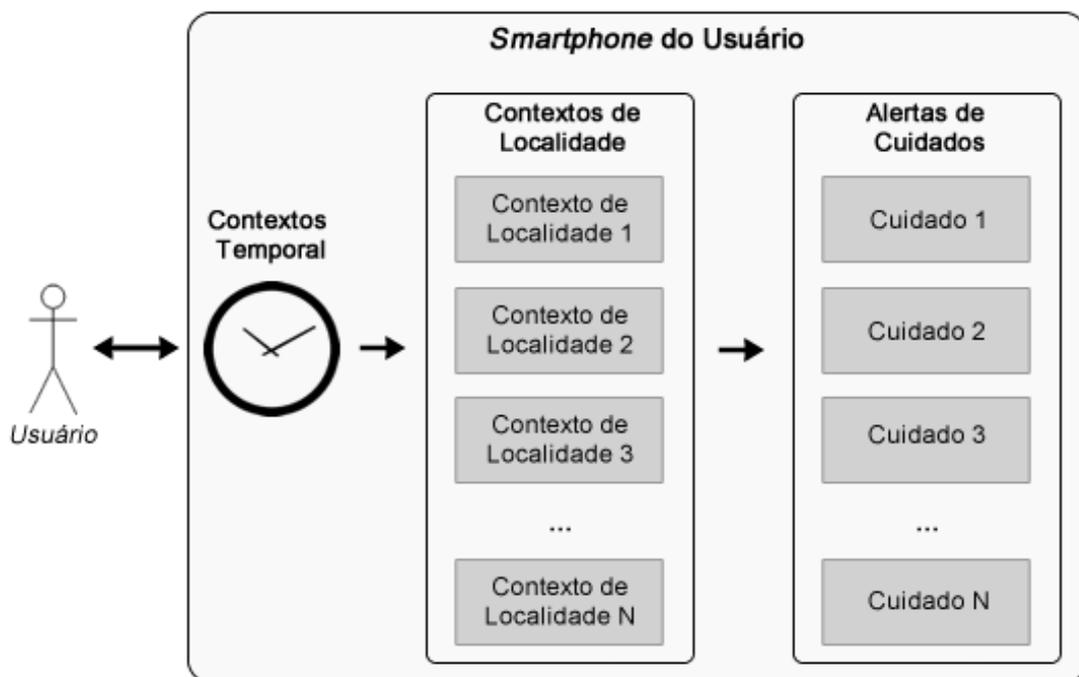


Figura 8 – Visão do funcionamento da tecnologia sensível ao contexto no SIM2PeD Mobile.

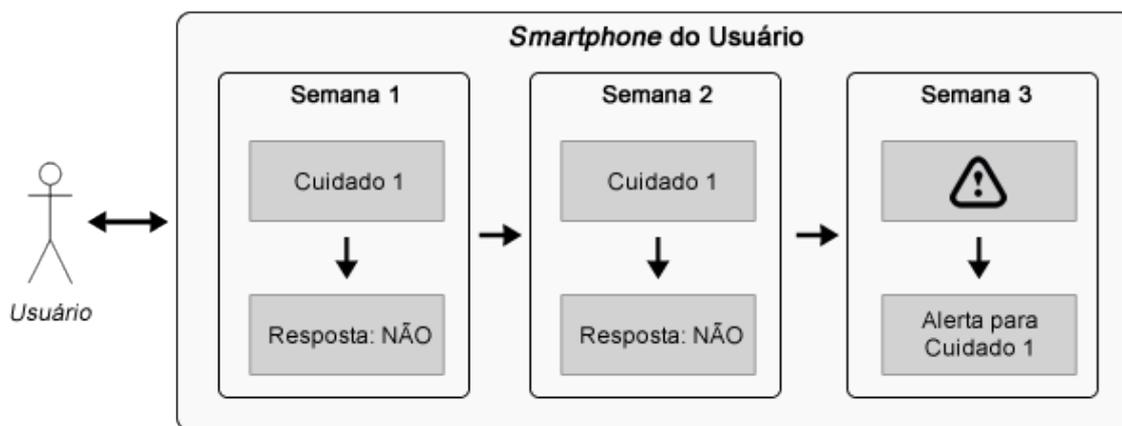


Figura 9 – Visão do funcionamento de geração de alertas de cuidados não realizados baseada em contexto no SIM2PeD Mobile.

é alertado quando o indivíduo está em casa no horário que costuma dormir; Algoritmo 3: o processo de alerta sobre caminhar em terrenos acidentados - o que é alertado quando o indivíduo está em local no qual costuma praticar caminhada; e Algoritmo 4 : o processo de alerta para a realização de uma pequena caminhada para estimular a circulação sanguínea nos membros inferiores - o que é alertado quando o indivíduo passa muito tempo sentado, devido às suas condições de trabalho.

Algoritmo 2 Exemplo 1 de Sistema Sensível ao Contexto no SIM2PeD Mobile.

```
1: função DISPARARLEMBRETE(posicaoGPS)
2:   localizacaoDoUsuario ← posicaoGPS
3:   se contextoCuidado = antesDeDormir e localizacaoDoUsuario = casa então
4:     sugerir cuidados ao usuário
5:   senão se localizacaoDoUsuario <> casa então
6:     aguardar o usuário chegar em casa para sugerir o cuidado
7:   fim se
8: fim função
```

Algoritmo 3 Exemplo 2 de Sistema Sensível ao Contexto no SIM2PeD Mobile.

```
1: função DISPARARLEMBRETE(posicaoGPS)
2:   localizacaoDoUsuario ← posicaoGPS
3:   se contextoCuidado = caminhar e localizacaoDoUsuario = parquePublico então
4:     sugerir cuidados ao usuário
5:   fim se
6: fim função
```

Algoritmo 4 Exemplo 3 de Sistema Sensível ao Contexto no SIM2PeD Mobile.

```
1: função DISPARARLEMBRETE(posicaoGPS)
2:   localizacaoDoUsuario ← posicaoGPS
3:   se contextoCuidado = pequenaCaminhada e localizacaoDoUsuario = trabalho então
4:     sugerir cuidados ao usuário
5:   fim se
6: fim função
```

3.1.2 SIM2PeD Web

O SIM2PeD Web foi desenvolvido baseado em tecnologias para a internet, com base na plataforma *Medical Database* (MeD¹), onde foram utilizadas algumas ferramentas, tais como *PHP: Hypertext Processor* (PHP) versão 5.3.8 e um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD), sendo que, na oportunidade, foi usado o MySQL (GROUP, 2014; MYSQL, 2014).

O PHP é uma linguagem para criação de scripts executados no servidor (*serverside*), projetado especificamente para Web, a qual é embutida em um código HTML que, quando executado em um cliente (navegador), solicita algo ao servidor, e o PHP é executado retornando as informações para o navegador, abstraindo do usuário o tratamento de variáveis, funções e conexões com banco de dados. Essa solução apresenta ser veloz e multiplataforma.

O MySQL é um SGBD relacional, multiusuário e multitarefa que utiliza como

¹ MeD é uma plataforma de registros médicos desenvolvida pelo Grupo de Informática Médica do Laboratório de Engenharia de Software – UERN. A plataforma está em funcionamento sob o endereço: <<http://med.ges.uern.br/med/>> .

linguagem padrão o SQL, existindo em uma versão com licença comercial e outra de código aberto com licença *General Public License* (GPL). O MySQL é a ferramenta utilizada para o armazenamento de dados do SIM2PeD Web.

No SIM2PeD Web o PHP é responsável por: realizar consultas ao MySQL; controlar acessos indevidos à plataforma; gerar gráficos para profissionais de saúde com auxílio de bibliotecas; com a assistência do *Google Cloud Messaging*, ferramenta para dispositivos Android desenvolvida pelo *Google*, alertar usuários diabéticos através do SIM2PeD Mobile; e auxiliar a equipe de saúde no pré-diagnóstico com o módulo inteligente.

Por meio do SIM2PeD Web, o profissional de saúde é responsável por: inserir, atualizar ou remover cadastros dos usuários diabéticos; acompanhar gráficos com relação ao número de cuidados realizados por cada paciente; inserir, atualizar ou remover dicas e cuidados; inserir, atualizar ou remover contextos, conforme ilustra a 10; e inserir, atualizar ou remover rotinas dos usuários, conforme ilustra a Figura 11. De acordo com normas estabelecidas pelo Comitê de Ética, que veta a identificação do paciente, o nome que o identifica foi substituído por Paciente 1 nas figuras em que haja a necessidade de identificação do paciente.

MeD

Início Pessoas Módulos Administração

Cadastrar Novo Contexto de Uso com o Pé Diabético

Atualizar Contexto

Nome do Contexto: *

Nome do Contexto

Lugares de Alerta: *

Em Casa

No Trabalho

Lazer

Todos os campos marcados com asterisco (*) são obrigatórios!

Cadastrar Contexto

Figura 10 – Tela do SIM2PeD Web para cadastro de novo contexto.

Os usuários diabéticos precisam constantemente realizar uma avaliação da saúde dos pés e, a partir disso, o programa Doce Desafio elaborou uma Ficha de Anamnese (Anexo A) onde profissionais fisioterapeutas do programa realizam a avaliação dos pacientes a cada seis meses. Como processo de aquisição de dados, a fim de facilitar essa anamnese e posteriormente poder correlacionar os dados desta avaliação com os dados coletados através do SIM2PeD, a ficha foi implementada na plataforma MeD, conforme ilustram as Figuras 12a e 12b as telas da ficha implementada na plataforma.

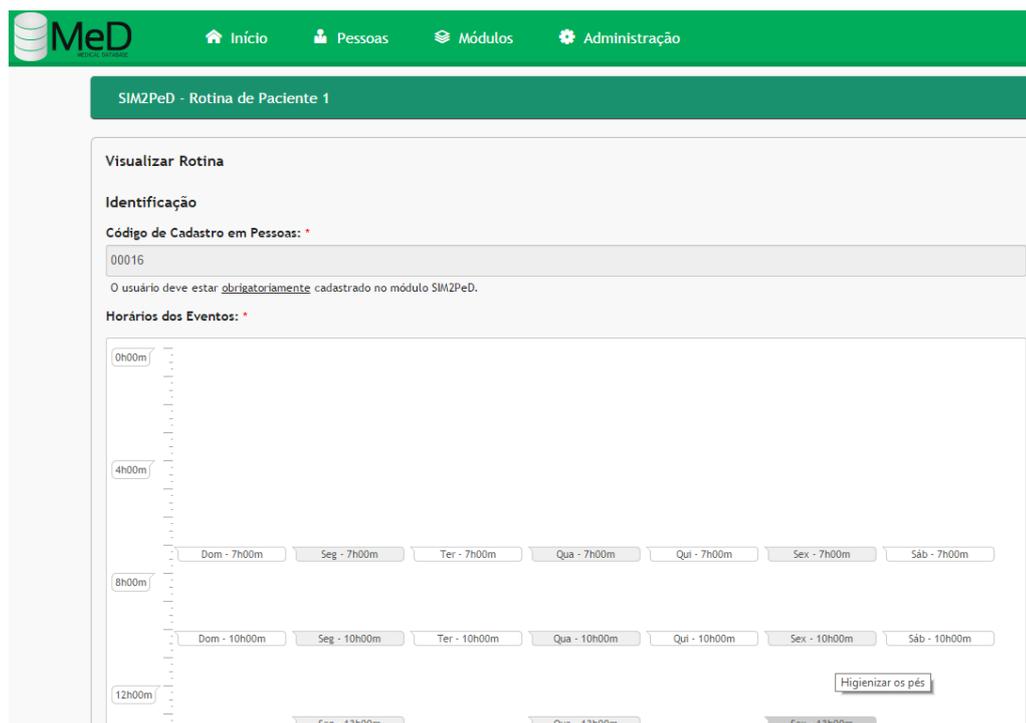


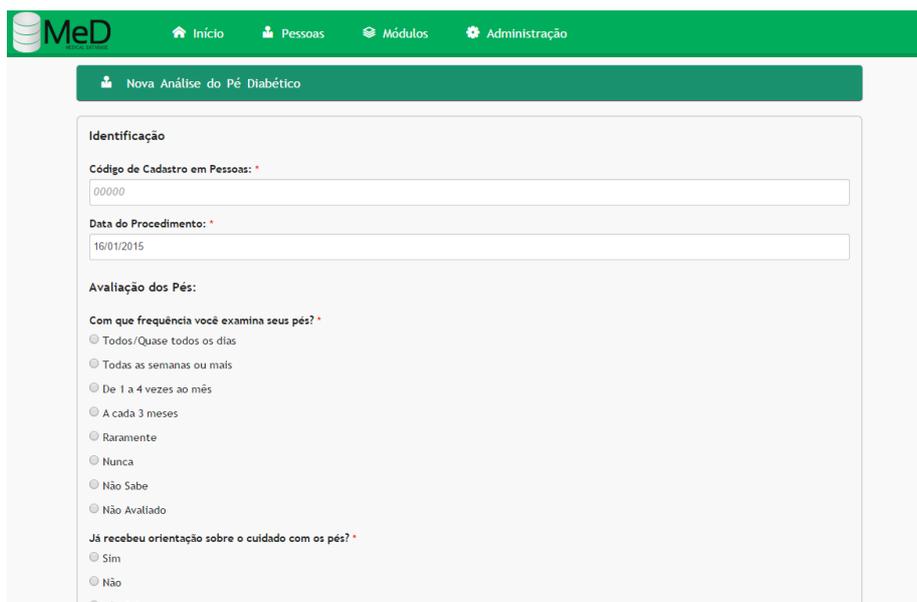
Figura 11 – Tela do SIM2PeD Web para atualização da rotina de cuidados de um paciente.

3.1.2.1 Especificação do Módulo Inteligente

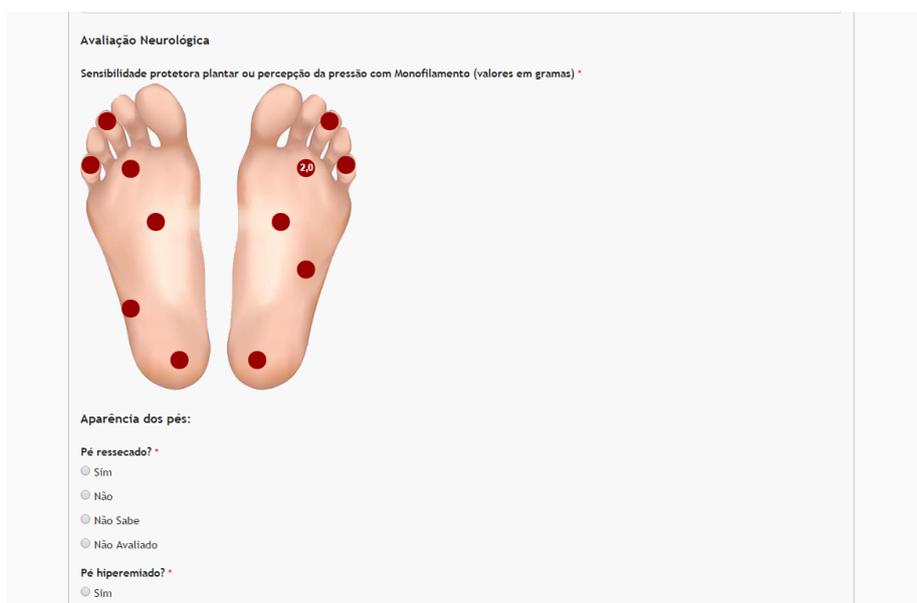
Para que possam ser inferidos alguns padrões de comportamento dos usuários diabéticos do SIM2PeD, foi desenvolvido no SIM2PeD Web o principal objetivo deste trabalho: um sistema de prevenção do pé diabético. Para tal, foi implementado no SIM2PeD Web um módulo inteligente que é capaz de encontrar padrões em dados estatísticos de repostas de usuários e alertar profissionais e usuários diabéticos com relação à saúde dos pés desses usuários.

No SIM2PeD Web o profissional acompanha o desempenho com relação ao tratamento do usuário diabético, através de gráficos e de um relatório resumido dos cuidados realizados. As informações disponibilizadas nos gráficos são de períodos determinados pelos profissionais de saúde (últimos 7 dias, últimos 30 dias e histórico completo).

Como descrito anteriormente, o SIM2PeD Web mantém o cadastro dos usuários diabéticos e o histórico de realização de cuidados dos pés desses usuários. Com base nesses dados e nas estatísticas de uso, um sistema especialista foi desenvolvido para que possa apoiar a equipe médica na prevenção do pé diabético, evitando assim o surgimento de úlceras que podem levar a outras complicações. De acordo com o especialista, cuidados nos pés do diabético só são significativos em um espaço de tempo de 6 meses ou 180 dias; entretanto, os cuidados diários não podem ser desprezados. Com base nesses pressupostos, para apoiar o desenvolvimento do sistema especialista,



(a)



(b)

Figura 12 – Telas da ficha de avaliação na plataforma MeD. A Figura 12a apresenta o início da ficha com a identificação do paciente. A Figura 12b apresenta o processo de Avaliação Neurológica implementada.

a Fórmula 3.1 foi desenvolvida, onde Pd é o resultado do pré-diagnóstico, T_1 é a média de cuidados realizados no período de 180 dias e T_2 é a média de cuidados realizados nos últimos 30 dias. Os pesos atribuídos às médias foram elaborados com base na importância do número de cuidados naquele período.

$$Pd = \frac{(T_1 \cdot 6) + (T_2 \cdot 4)}{10} \quad (3.1)$$

Desta forma, o sistema especialista auxilia os profissionais gerando alertas com níveis de atenção sobre os cuidados com os pés do paciente e, se aprovado pelo médico, o alerta é enviado ao SIM2PeD Mobile. O Algoritmo 5 (baseado na fórmula 3.1) demonstra como foi desenvolvido o sistema inteligente fundamentado em regras utilizadas no SIM2PeD Web. A variável *cuidadosRealizados* representa o número de cuidados realizados por um paciente nos últimos 30 dias e a variável *cuidadosRealizados180Dias* representa o número total de cuidados realizados nos últimos 180 dias. A ponderação com ênfase na variável *cuidadosRealizados* é realizada com base na média entre essas duas variáveis.

Algoritmo 5 Sistema Especialista

- 1: **função** GERARALERTA(*nCuidadosRealizados*, *nCuidadosSugeridos*, *nCuidadosRealizados180Dias*, *nCuidadosSugeridos180Dias*)
 - 2: $mCuidados180Dias \leftarrow (nCuidadosRealizados180Dias / nCuidadosSugeridos180Dias) * 6$
 - 3: $mCuidados \leftarrow (nCuidadosRealizados / nCuidadosSugeridos) * 4$
 - 4: $pCuidadosRealizados \leftarrow ((mCuidados180Dias + mCuidados) / 10) * 100$
 - 5: **se** *pCuidadosRealizados* < 33% **então**
 - 6: Alertar o paciente.
 - 7: **senão se** *pCuidadosRealizados* > 33% **e** *pCuidadosRealizados* < 66% **então**
 - 8: Alertar o paciente.
 - 9: **senão se** *pCuidadosRealizados* > 66% **então**
 - 10: Motivar o paciente. Sugerir ao profissional permutar cuidados mais realizados por cuidados menos realizados.
 - 11: **fim se**
 - 12: **fim função**
-

4 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO DO SIM2PED EM UM AMBIENTE REAL

Este capítulo é destinado à apresentação do estudo de caso. Nele expõe-se a pesquisa, a análise e interpretação dos dados coletados, além de justificativa do problema em estudo. As sessões detalham o uso do SIM2PeD em um ambiente real. Assim, para melhor entendimento, este capítulo está subdividido em:

4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO: apresenta os detalhes do objeto de estudo desta dissertação de mestrado, destacando os critérios de inclusão dos pacientes para a realização dos testes; Aquisição de Dados - este item trata sobre como são realizadas as aquisições dos dados no SIM2PeD;

4.2 VALIDAÇÃO: apresenta a validação do SIM2PeD em um ambiente real;

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS: discute a principal hipótese deste trabalho apresentando a discussão dos resultados de análises obtidas através de ferramentas do MATLAB, sob dados reais capturados nos testes em ambiente real.

4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO

O Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte aprovou esta pesquisa, através do Parecer de número 761.229 (Anexo B). Os dados foram capturados a partir de experimentos realizados com dois grupos de sujeitos. Os testes foram realizados com indivíduos participantes do programa Doce Desafio (DD), da Universidade de Brasília (UnB). O programa DD tem uma experiência prática de atendimento a diabéticos e capacitação de profissionais que se iniciou em 2001 e já são 13 anos de funcionamento com mais de 20.000 atendimentos e cerca de 6.000 horas de atuação na área, diretamente com diabéticos (DD, 2014). Testes também foram realizados com um grupo de indivíduos que não são diabéticos mas que simularam um portador da enfermidade.

Os critérios de inclusão para este estudo foram:

- Possuir o diagnóstico confirmado de diabetes;
- Não possuir nenhum tipo de neuropatia;
- Disposição para usar o aplicativo durante o período de testes;
- Possuir dispositivo Android compatível com o SIM2PeD Mobile;

- Termo de consentimento assinado pelo participante.

O primeiro grupo foi de 3 sujeitos diabéticos, os quais 1 é do sexo masculino e 2 do sexo feminino, com tempo de diagnóstico de diabetes bastante heterogêneo. Os históricos de neuropatias nesses indivíduos não foram levados em consideração. Os testes foram realizados em um período de uma semana que compreendeu de 03 a 10 de novembro de 2014.

Os testes também foram aplicados com um grupo de indivíduos que não são diabéticos, mas que simularam ser portadores da enfermidade. Esses portadores simulados, em alguns dos casos, foram pessoas do convívio diário ou parentes dos voluntários que já possuíam um conhecimento, mesmo que mínimo, do problema abordado. Este segundo grupo foi composto por estudantes de Engenharia Eletrônica da Universidade de Brasília, dois profissionais de saúde fisioterapeutas e mestrandos do Programa Tecnologia em Saúde, da UnB, e uma professora de pós-graduação em Engenharia Biomédica, também da UnB. O grupo, composto de 11 pessoas do sexo masculino e 5 do sexo feminino, também testou o aplicativo por um período de uma semana. Os indivíduos possuem idades variadas, com uma média de 25 anos de idade.

A Figura 13 ilustra o esquema de distribuição dos indivíduos participantes da pesquisa. Ao todo, 19 indivíduos realizaram os testes com sucesso; contudo, 24 foram convidados a participarem da pesquisa. Dos cinco indivíduos que falharam, 2 o fizeram por declinarem da participação na pesquisa; 2 porque possuíam sistemas incompatíveis com o SIM2PeD Mobile, e 1 indivíduo do sexo feminino enfrentou problemas com a configuração do *smartphone*. O dispositivo da participante teve, por algum fator externo, configurações de data e hora alteradas. O SIM2PeD Mobile não lembrou-a de realizar cuidados sugeridos no período de testes; devido a essas alterações de configuração, uma vez que os alertas dependem do relógio do dispositivo.

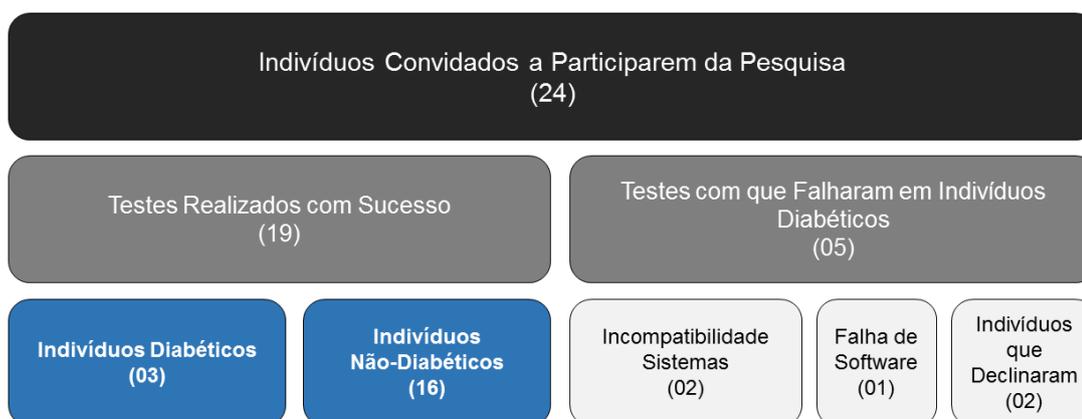


Figura 13 – Esquema de distribuição dos indivíduos convidados a realizarem os testes com o SIM2PeD.

Durante o período de testes, em ambos os grupos, os pacientes responderam

“SIM” ou “NÃO” a cuidados sugeridos e realizados. Não foi estipulado número limite de cuidados a serem lembrados para cada indivíduo, sendo que as dicas e os cuidados foram lançadas com base nas rotinas desses usuários no período de testes. Esta característica de personalização com base na rotina de cada sujeito é um diferencial frente a outros sistemas disponíveis para utilização. Além disso, foram capturados dados estatísticos de uso da aplicação, bem como o interesse do indivíduo pelas dicas apresentadas e pelo próximo procedimento de cuidado a se realizar.

4.2 VALIDAÇÃO

A validação do SIM2PeD deu-se, como descrito anteriormente, em um ambiente real e seguiu as etapas discutidas na seção 4.1, através do fluxograma apresentado na Figura 7. A seguir, as subseções discutem cada etapa do fluxograma.

4.2.1 Configuração do Ambiente

Seguindo o método padrão de configuração do SIM2PeD, discutido na seção 3.1, as configurações para a validação do sistema aconteceram como segue:

1. Foram cadastrados na plataforma SIM2PeD Web todos os pacientes, com dados pessoais, *login* e senha;
2. Foram cadastradas dicas e cuidados genéricos recomendadas por profissionais do Doce Desafio (DD, 2014);
3. Foram realizadas *anamneses* com os pacientes, para que fosse capturada a rotina semanal de cada um;
4. A rotina de cada paciente foi cadastrada na plataforma SIM2PeD Web;
5. Cada paciente instalou a aplicação SIM2PeD Mobile e realizou *login* com sua conta pessoal;
6. Por fim, o SIM2PeD Mobile se adaptou à rotina de cada usuário, para que iniciasse o processo de aquisição de dados.

4.2.2 Aquisição dos Dados

Após a configuração do SIM2PeD Mobile e SIM2PeD Web, a aquisição dos dados para respostas “SIM” e “NÃO”, respectivamente referentes à realização ou não de cuidados, foi realizada pelos usuários em cada *smartphone* pessoal.. O processo de aquisição das respostas deu-se através de botões dispostos no canto superior das telas dos dispositivos dos usuários diabéticos.

A Figura 14a apresenta a tela principal do SIM2PeD Mobile, onde são exibidas as dicas de cuidados com os pés. A Figura 14b apresenta a tela onde os usuários respondem à realização dos cuidados. Os cuidados são sugeridos baseados na rotina diária do usuário diabético. Para os botões foram adotados símbolos e cores contrastantes, visando facilitar o uso do sistema por pessoas com dificuldades em lidar com a tecnologia.



Figura 14 – Telas capturadas do sistema desenvolvido. Em 14a apresenta-se a tela de dicas de cuidados com os pés. Em 14b apresenta-se a tela de sugestão do cuidado.

4.2.3 Transferência dos Dados

Após uma semana de testes, os usuários realizaram a transferência dos dados para processamento e análise. Os usuários diabéticos submeteram os dados através da rede 3G, alcançada no pátio do Centro Olímpico da UnB, onde funciona o Doce Desafio, enquanto os usuários que simularam pacientes diabéticos enviaram os dados, em sua maioria, através de conexão Wi-Fi. Ressalta-se que o método de transferência de dados não altera nenhuma análise que venha a acontecer, portanto o método de transferência de dados não é restringido para nenhum dos meios disponibilizados.

4.2.4 Processamento dos Dados e Análise dos Dados

Após as respostas “SIM” e “NÃO” serem submetidas pelo SIM2PeD Mobile ao SIM2PeD Web, faz-se necessário o processamento dos dados, a fim de inferir alguns padrões de comportamento do usuário. A inteligência computacional, principal objetivo desse trabalho, foi implementada para o profissional de saúde através do SIM2PeD Web, por meio de sistema especialista baseado em regras; e para o usuário diabético, através do SIM2PeD Mobile, por meio de computação sensível ao contexto.

No SIM2PeD Web, o módulo inteligente encontra padrões em dados estatísticos de repostas de usuários e alerta profissionais e usuários diabéticos com relação à saúde dos pés desses usuários. Nesse ambiente, o profissional acompanha o desempenho com relação à realização dos cuidados pelo usuário.

Após processar os dados, o SIM2PeD Web é responsável por disponibilizá-los aos usuários e profissionais de saúde.

4.2.5 Pós-Processamento e Disponibilidade dos Dados

Depois de efetuado o processamento dos dados, a ferramenta os disponibiliza para o profissional de saúde, através de gráficos que apresentam o número de cuidados que deveriam ser realizados, o número de cuidados realizados pelo paciente e a porcentagem entre ambos.

Os gráficos podem ser exibidos para os períodos dos últimos 07 dias, dos últimos 30 dias e para o histórico completo de cada paciente. O ambiente que é ilustrado

na Figura 15 apresenta o gráfico dos últimos 30 dias de uso do aplicativo por um determinado paciente.

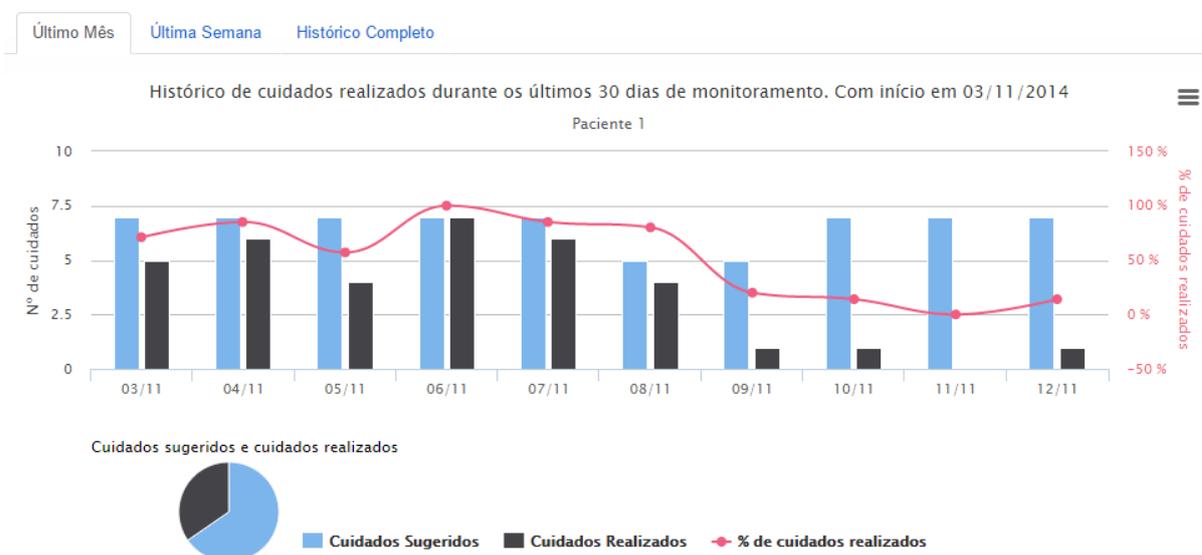


Figura 15 – Relatório gráfico de uso do aplicativo SIM2PeD por um usuário diabético. É apresentado o número de cuidados a serem realizados, o número de cuidados realizados e a porcentagem entre ambos.

O componente inteligente, que foi implementado fundamentado em um sistema especialista baseado em regras, visa correlacionar estatísticas de uso com base no último relatório e no histórico do usuário diabético, para gerar alertas com níveis que chamam a atenção aos cuidados e submeter esses cuidados para o SIM2PeD Mobile, quando aprovado pelo médico. A Figura 16 apresenta o relatório de uso resumido e a sugestão do componente inteligente do SIM2PeD Web.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A execução de testes é um procedimento fundamental que deve ser realizado continuamente, durante todo o processo de desenvolvimento de qualquer produto de engenharia aplicado à medicina. Quanto mais crítico o sistema, maiores devem ser os esforços dedicados à sua realização. Os requerimentos básicos para o desenvolvimento de um programa de teste são as necessidades, ou requisitos do sistema, além de todas as especificações em termos das funcionalidades básicas, condições de trabalho e de operação, segurança e confiabilidade.

Testar é submeter o sistema a situações que evidenciem suas fragilidades, suas respostas características e condições de falhas; é verificar se o sistema satisfaz todas as

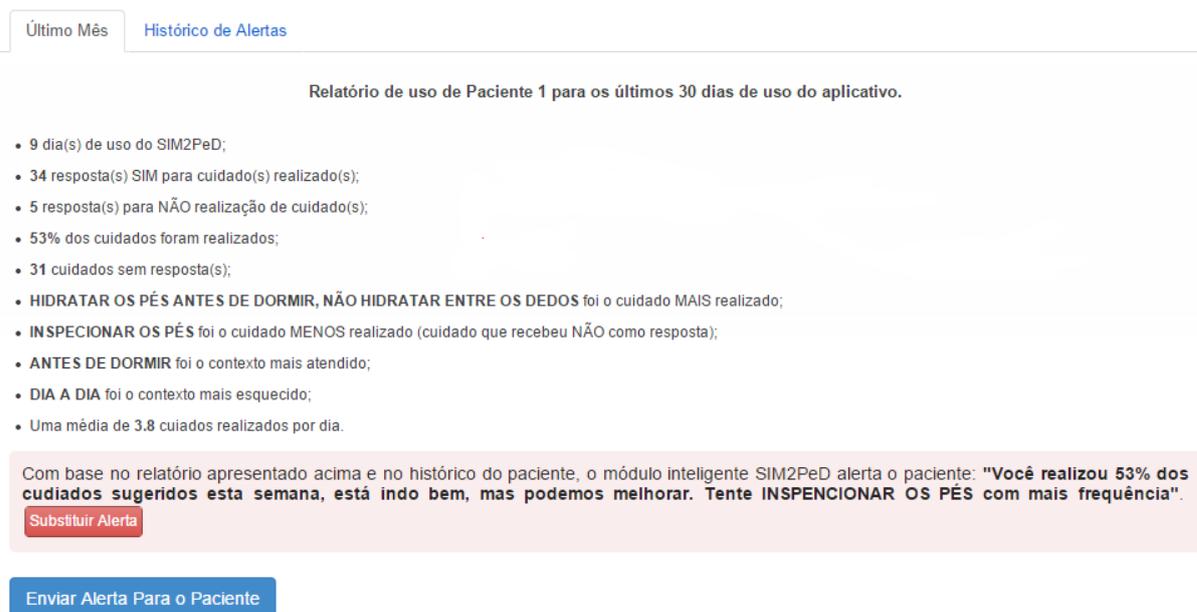


Figura 16 – Relatório resumido de uso do aplicativo SIM2PeD por um usuário diabético nos últimos 30 dias e sugestão de alerta gerado pelo módulo inteligente do SIM2PeD.

suas especificações e necessidades, como também é um mecanismo para detectar erros e desvios de um determinado comportamento esperado.

É na verificação que se determina se o produto satisfaz às especificações do sistema. Em contrapartida, a validação consiste em determinar se tais especificações satisfazem as necessidades do usuário diabético.

Baseado no estudo de caso desse trabalho, discutido na seção 4.1, o desenvolvimento do processo de investigação orientou-se no sentido de encontrar respostas para a principal hipótese deste trabalho, por meio do teste Ansari-Bradley: a tecnologia promovendo educação através de lembretes pode alterar o hábito dos sujeitos com relação aos cuidados dos pés e, por conseguinte, diminuir o número de ocorrências do pé diabético?

Conforme descrito anteriormente, os experimentos foram realizados com o objetivo de verificar o desempenho e a dinâmica de uso do sistema de cuidados com os pés através do SIM2PeD Mobile, em pacientes que possuem a diabetes. Neste sentido, os pacientes tiveram um treinamento prévio do uso do sistema, por meio de vídeos gravados. Em seguida, foi demonstrado a esses usuários diabéticos que era possível o uso do sistema de forma rápida e simples, em grande parte decorrente da objetividade das opções do aplicativo.

Os alertas de cuidados foram baseados, como dito anteriormente, em contextos e em situações fundamentadas na rotina semanal do usuário diabético. As configurações necessárias para a rotina semanal do usuário foram feitas por profissionais da saúde,

baseando-se em uma conversa relacionada às atividades desempenhadas por cada um. Com base nas rotinas, os cuidados são apresentados em notificações sequenciais na tela principal do *smartphone* do usuário. Tal estratégia proporcionou um sistema personalizado para cada usuário, evitando assim um sistema genérico, gerando desinteresse do usuário na sua utilização.

O experimento em um ambiente real, apesar de apresentar pontos favoráveis ao sistema quanto ao seu funcionamento, revelou que os usuários com idades mais avançadas tiveram dificuldades em manter-se atentos aos cuidados sugeridos pelo aplicativo. Entretanto, nenhum usuário apresentou qualquer dificuldade para utilização e configuração do sistema hardware/software.

Da mesma forma, o voluntário, no início do processo, teve um número de respostas negativas “NÃO” bem inferior às sugestões dos cuidados em maior número no início do uso do dispositivo. Destaca-se na Figura 17 a distribuição normal referente ao comportamento da resposta positiva e negativa e à dificuldade natural de se cuidar que está além do gráfico gerado.

Observa-se ainda que a função normal não coincide com a distribuição normal teórica, a qual mostra a distribuição real das variáveis “SIM” e “NÃO” e estas também se distanciam da normal. Esse comportamento vem de encontro à opção deste estudo, pelo qual compreende-se que as pessoas precisam das ações derivadas de saúde ou de cuidados de saúde quando conhecem os requisitos de autocuidado emergentes.

Durante o experimento, os cuidados que foram sugeridos tinham uma correlação direta com a rotina e o ambiente do voluntário. A dificuldade em obter essa interação do sistema e coincidir com a rotina diária é percebida nas análises de “NÃO” que um cuidado específico recebeu. Assim, buscar as melhores estratégias para atingir e refinar sem muita dificuldade essa correlação é um passo importante deste estudo.

Na Figura 18 nota-se que esse grupo que participa do DD possui a capacidade do autocuidado, ou seja, o indivíduo pode satisfazer suas próprias necessidades, através do cuidado regulatório contínuo, identificar, definir e executar as atividades julgadas necessárias.

Esses testes de validação e verificação objetivam propósitos fundamentalmente distintos – nota-se, nas análises anteriores, a relação do usuário com as respostas “SIM” e “NÃO”. Observa-se na Figura 19 que o usuário executou as rotinas de cuidado, contudo não é possível correlacionar com mudanças de comportamento, hipótese desse estudo. No entanto, ressalta-se que os conceitos de teste, verificação e validação são subjetivos à metodologia de desenvolvimento utilizada, e as definições dadas aqui são aquelas relevantes para a proposta apresentada, o que não refuta a hipótese discutida.

Na Figura 20 apresenta-se a análise dos dados obtidos dos usuários aos cuidados “SIM” ou “NÃO”, por meio de um gráfico Xbar das medições na matriz A, que são os números de respostas. Cada coluna de A é considerada um subgrupo de medições

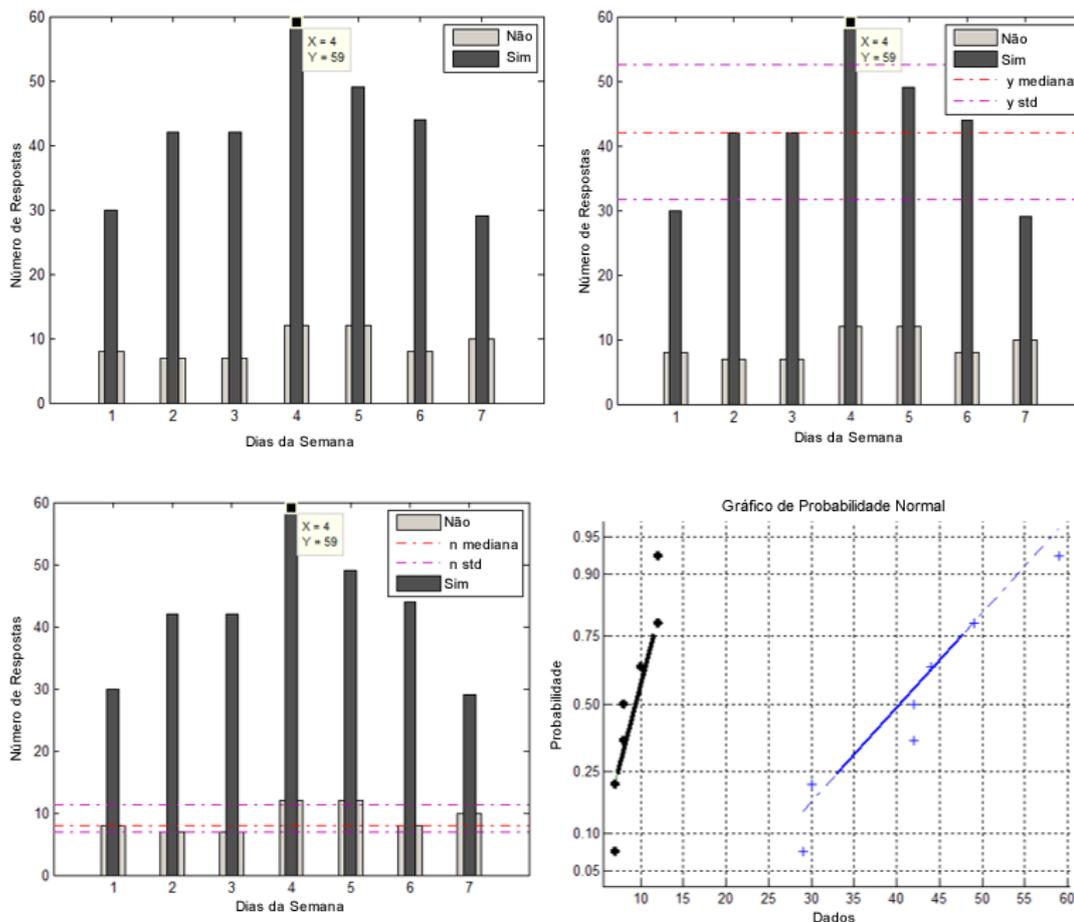


Figura 17 – Gráficos obtidos no *toolbox statstscs* do MATLAB 2011 versão *full* e apresenta a correlação das respostas positivas (“SIM”) e respostas negativas (“NÃO”) para os dias da semana, sendo 1 (domingo) e 7 (sábado).

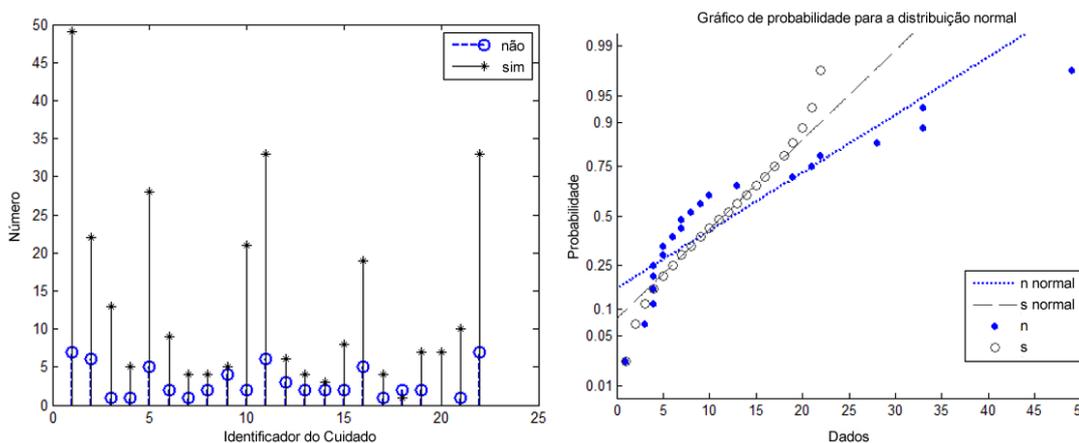


Figura 18 – Gráfico que mostra a quantidade de respostas positivas e negativas, fato que direciona a uma percepção de autocuidado do usuário. O desenvolvimento do indivíduo como pessoa que se auto cuida é exequível, fato sugerido pela curva normal condições positivas (“SIM”).

(número de respostas) ao menos ao longo do tempo. O gráfico representa as médias

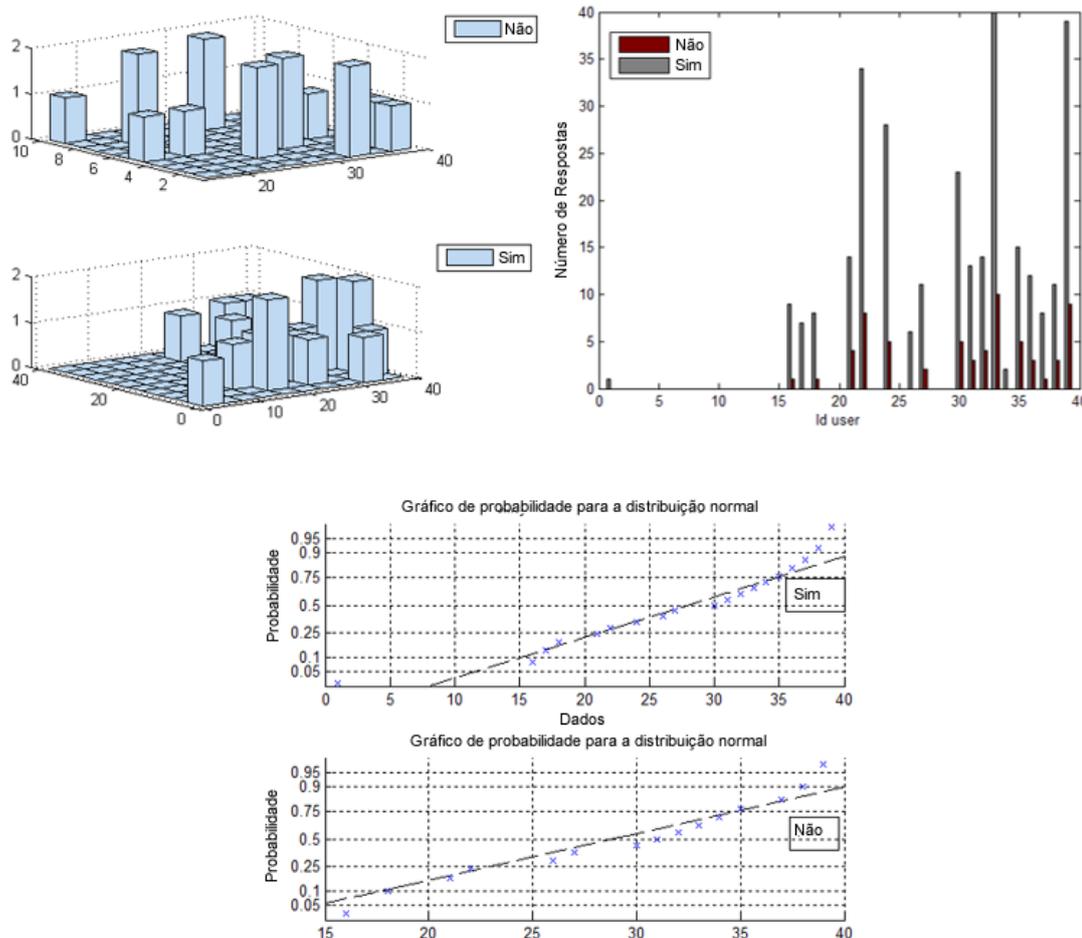


Figura 19 – Distribuição bi variante dos dados por meio de um histograma com elementos da matriz para uma grelha de 10 por 10 de dados igualmente espaçados. Cada coluna de dados (1 e 2) corresponde a uma dimensão e distribuição dos dados obtidos – o que mostra concentração de sim nas respostas.

dos subgrupos em ordem de tempo e possui também uma Linha Central, do inglês *Central Line* (CL), com a média dos meios e os Limites de Controle Superior e Inferior, do inglês *Upper Control Limit* (UCL) e *Lower Control Limit* (LCL), em três desvios padrão a partir da linha de centro. O erro padrão é a estimativa de desvio padrão do processo, dividido pela raiz quadrada do tamanho do subgrupo. Fora de medidas de controle são marcados como violações e tirados com um círculo vermelho.

Através da variabilidade do processo de dizer “SIM”, pode-se rapidamente identificar alterações inusitadas em pontos estratégicos na linha de uso do dispositivo no tempo. Esse gráfico também sinaliza que há indícios de alterações de decréscimo na média do dizer “SIM”. Desta forma, é necessário proceder a uma análise mais abrangente junto ao usuário, pelo processo, a fim de identificar possíveis fatores que estivessem causando essa alteração. As possíveis causas identificadas para essa variação foram as seguintes: I) ações foram tomadas a partir das dicas sugeridas, o que reduziu a variabilidade do processo; e II) dispersão espacial, o que caracteriza uma pessoa fora da

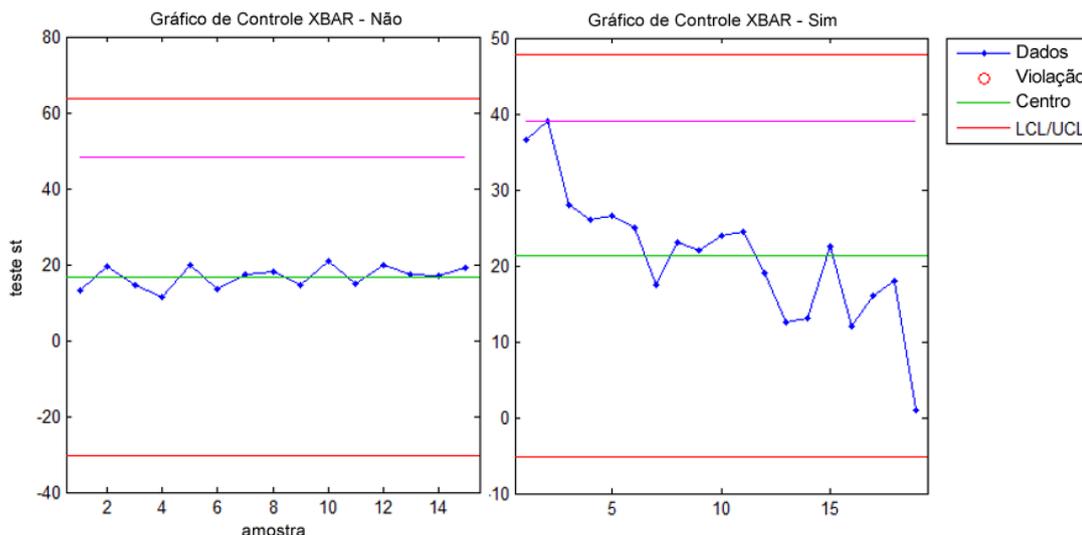


Figura 20 – Fase de diagnóstico e de monitoramento do gráfico de controle de Shewhart para a comportamento de respostas dos usuários.

rotina.

A decisão de teste para a hipótese nula quando o paciente mudou seu comportamento foi aplicada nas respostas “SIM” e “NÃO”. O resultado é 0 h, se o teste rejeita a hipótese nula no nível de significância de 1%. Saliente-se que não rejeitar a hipótese nula significa apenas que não foi possível, através dos dados disponíveis, demonstrar a sua falsidade.

O objetivo principal desta dissertação de mestrado era mapear as necessidades que um sistema deveria possuir para suprir as demandas de um paciente com diabetes nos cuidados com os pés, identificar as principais métricas correlacionadas e propor especificações que atendessem estas demandas. Em essência, a meta era prover uma metodologia para a seleção de uma rotina, baseando-se nos requisitos dos especialistas da área e, só então, sob a luz desta escolha, tomar decisões conscientes para orientar o paciente. O método proposto identificou o modelo de alertas como a melhor arquitetura, em detrimento ao modelo pictograma, este vastamente utilizado em dispositivos portáteis que fazem uso de TA Leve. No entanto, diversos estudos experimentais comparativos, como o realizado por Weiss e Coyne (1997), fortalecem os resultados aqui obtidos, mostrando que o modelo de alertas tem melhor performance que o modelo pictograma, em se tratando de portadores de DM.

A estratégia foi capaz de identificar as métricas que mais influenciam no desempenho do sistema de TA Leve. Os resultados dos experimentos de otimização confirmam que a eficiência é mais sensível às variações na frequência de alertas e operação das dicas. Os resultados das capturas mostram que pequenos deslocamentos na frequência provocam grandes variações de resposta entregue ao aplicativo. O mesmo efeito é observado nas respostas dos cenários ID (número identificador dos cuidados) mais

usados e maior número de respostas “SIM”, onde as diferenças em eficiência entre as respostas utilizadas possuem uma diferença em respostas “SIM” e “NÃO” que provocaram uma queda de rendimento e uma maior variabilidade.

Uma das dificuldades no desenvolvimento do estudo foi encontrar usuários inseridos no DD que se dispusessem a testar a tecnologia, enquanto que outra dificuldade foi observada em pessoas idosas. Indivíduos nessa faixa etária tendem a não usar o dispositivo como esperado e revogam algumas questões sobre os cuidados. Pelo que foi observado, esse fenômeno deve-se ao fato desses usuários não terem o *smartphone* como um objeto pessoal ou por que esquecem do aparelho, por várias horas durante o dia.

5 CONCLUSÃO

Os diversos experimentos realizados permitiram concluir que o sistema apresentou desempenho conforme especificado e é adequado para o monitoramento remoto de atividades de autocuidados em pacientes com alguma moléstia, com potencial para aplicação em diversos tratamentos. De forma geral, os elementos principais observados no SIM2PeD, e que o distinguem dos demais encontrados no mercado e na literatura são: I) a extrema facilidade de introdução, sem o uso intenso e comum de menus e submenus para a realização do objetivo final da aplicação; II) um sistema totalmente adaptável à rotina do usuário; III) monitoramento remoto de cuidados realizados pelos usuários; IV) o monitoramento remoto do interesse do usuário sobre as dicas apresentadas; e V) um aplicativo configurável com relação ao *layout* da página, visando facilitar o uso por pacientes com algum tipo de deficiência visual.

Ressalta-se que todas as análises e conclusões fornecidas neste estudo não são validadas em diabéticos apenas, uma vez que são inteiramente baseadas em respostas de dois grupos de indivíduos diabéticos e não diabéticos que simularam o comportamento de um doente. Salienta-se também que, apesar do modelo proposto incorporar as necessidades primárias levantadas pelos especialistas, não leva em consideração as perdas de respostas por superposição de alertas e por dispersão espacial (pessoa fora da rotina), nem os efeitos das dicas entre os alertas que podem acarretar quedas de eficiência.

Durante o estudo, pode-se concluir, também, que as vantagens do M-Health, com relação à melhoria dos cuidados de saúde, discutidas na seção 2.1, não foram observadas, principalmente para aqueles indivíduos que não estavam inseridos no grupo Doce Desafio, refutando assim a ideia da desospitalização de indivíduos ao construir alguns dispositivos da engenharia voltada para a saúde.

O SIM2PeD Mobile foi desenvolvido para *smartphones* com o sistema operacional Android que possuam uma versão superior a 2.3.3. Fundamentando-se nessa premissa, como limitações para o uso do SIM2PeD Mobile, tem-se que a instalação é possível apenas em dispositivos Android, excluindo assim, dispositivos com sistemas operacionais que não funcionem baseados nesse sistema.

O SIM2PeD Web, para uso dos profissionais da saúde, foi desenvolvido, como o nome sugere, baseado em plataformas web, funcionando assim em qualquer navegador de qualquer dispositivo com acesso à internet, excluindo portanto outras limitações.

Como trabalhos futuros destaca-se:

- Integrar o SIM2PeD a um sistema que monitore não só a saúde dos pés dos

usuários diabéticos mas também de toda a saúde do indivíduo;

- Melhorar e testar outras técnicas inteligentes e de correlações de dados;
- Desenvolver técnicas inteligentes para adaptação da rotina do usuário sem necessidade de intervenção do mesmo;
- Integrar o SIM2PeD Mobile com plataformas de apresentação de materiais multimídias (fotos, áudio e/ou vídeo), para que assim seja feita uma instrução mais apropriada da realização dos cuidados com os pés;
- Disponibilizar um método de escrita livre para que o usuário diabético possa inserir pontos que eles considerem importantes naquele momento, em cada cuidado;
- Desenvolver um canal de conversação do usuário diabético com o profissional de saúde, diretamente na plataforma, com o objetivo de aprimorar também a experiência do usuário;
- Desenvolver um tipo de bonificação ou recompensa ao usuário que responder SIM aos cuidados, a fim de ampliar o estímulo aos cuidados com a moléstia em questão;
- Realizar experimentos com um grupo maior de indivíduo, e por mais tempo, a fim de observar outros comportamentos;
- Aplicar o sistema apresentado em outros cenários reais (doenças diversas), com o intuito de analisar e comparar o comportamento dos indivíduos frente ao uso do sistema apresentado.

A TA Leve é uma área relativamente nova e apresenta inúmeros aspectos passíveis de exploração. Seguindo a linha deste trabalho, esforços futuros no desenvolvimento de modelos computacionais que englobem as perdas por dispersão espacial e as variações de comportamento melhorariam consideravelmente a robustez das especificações levantadas através de experimentos de otimização.

REFERÊNCIAS

- ABOWD, G. D.; MYNATT, E. D. Charting past, present, and future research in ubiquitous computing. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, ACM, New York, NY, USA, v. 7, n. 1, p. 29–58, mar. 2000. ISSN 1073-0516. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/344949.344988>>.
- ANDERSEN, H. Motor dysfunction in diabetes. *Diabetes Metab Res Rev*, v. 28, n. Suppl 1, p. 89–92, feb 2012.
- ANDERSON, G. *Chronic Care: Making the Case for Ongoing Care*. [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://www.rwjf.org/content/dam/farm/reports/reports/2010/rwjf54583>>.
- ATA. *American Telemedicine Association - ATA: What is telemedicine & telehealth?* Washington, 2007.
- BAŞÇİFTÇİ, F.; HATAY Ömer F. Reduced-rule based expert system by the simplification of logic functions for the diagnosis of diabetes. *Computers in Biology and Medicine*, v. 41, n. 6, p. 350 – 356, 2011. ISSN 0010-4825. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482511000552>>.
- BALDAUF, M.; DUSTDAR, S.; ROSENBERG, F. A survey on context-aware systems. *Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Comput.*, Inderscience Publishers, Inderscience Publishers, Geneva, SWITZERLAND, v. 2, n. 4, p. 263–277, jun. 2007. ISSN 1743-8225. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1504/IJAHUC.2007.014070>>.
- BAPTISTA, F. J. *Telemedicina em Catástrofe*. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Porto, Porto, 2010.
- BARRETO, J. *Inteligencia artificial no limiar do século XXI*. [S.l.: s.n.], 2001. ISBN 9788590038252.
- BERNARD, T. *et al.* An early detection system for foot ulceration in diabetic patients. In: *Bioengineering Conference, 2009 IEEE 35th Annual Northeast*. [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–2.
- BERSCH, R. *INTRODUÇÃO À TECNOLOGIA ASSISTIVA*. Porto Alegre - RS, 2013. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 23 de Dezembro de 2014.
- BLAYA, J. A.; FRASER, H. S.; HOLT, B. E-health technologies show promise in developing countries. *Health Affairs*, v. 29, n. 2, p. 244–251, Fevereiro 2010.
- BOELL, J. E. W.; RIBEIRO, R. M.; SILVA, D. M. G. V. da. Fatores de risco para o desencadeamento do pé diabético. *Revista Eletrônica de Enfermagem*, v. 16, n. 2, p. 386–93, 2014. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5216/ree.v16i2.20460>>.
- BOULTON, A. J. *et al.* The global burden of diabetic foot disease. *The Lancet*, v. 366, n. 9498, p. 1719 – 1724, 2005. ISSN 0140-6736. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673605676982>>.

- BRASIL, P. *Portal Brasil. Mais de 5doença cresce entre homens, alerta Saúde*. 2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2012/05/mais-de-5-dos-brasileiros-sao-diabeticos-e-doenca-cresce-entre-homens-alerta-saude-1>>. Acesso em: 14 de Novembro de 2013.
- BRYANT, D. P.; BRYANT, B. R. *Assistive Technology for People with Disabilities*. Boston, MA: Allyn & Bacon, 2003.
- CASTRO, A. P.; COSTA, M. B. Abordagem interdisciplinar no tratamento do diabetes mellitus tipo 2: da teoria à prática. *EXTRAMUROS - Revista de Extensão da Univasf*, v. 1, n. 2, p. 30–7, 2013.
- CHAMMAS, N. *et al.* Towards a software tool for raising awareness of diabetic foot in diabetic patients. In: *System Sciences (HICSS), 2013 46th Hawaii International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 2646–2655. ISSN 1530-1605.
- CHO, N. H. *et al.* *IDF Diabetes Atlas*. [S.l.], 2013. Acesso em: 11 de Dezembro de 2013.
- CLEMENSEN, J.; LARSEN, S. B.; EJSKJAER, N. Telemedical treatment at home of diabetic foot ulcers. *Journal of Telemedicine and Telecare*, v. 11, n. Suppl 2:S, p. 14–16, 2005.
- COPPIN, B. *Artificial Intelligence Illuminated*. [S.l.]: Jones and Bartlett Publishers, 2004. (Jones and Bartlett illuminated series). ISBN 9780763732301.
- COUTAZ, J. *et al.* Context is key. *Commun. ACM*, ACM, New York, NY, USA, v. 48, n. 3, p. 49–53, mar. 2005. ISSN 0001-0782. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/1047671.1047703>>.
- DABIRI, F. *et al.* Electronic orthotics shoe: Preventing ulceration in diabetic patients. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, 2008. EMBS 2008. 30th Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 771–774. ISSN 1557-170X.
- DESCRITORES EM CIÊNCIA DA SAÚDE. *DeCS Server - List Terms*. 2012. Disponível em: <<http://decs.bvs.br>>. Acesso em: 26 de Dezembro de 2012.
- DEY, A. K. Understanding and using context. *Personal Ubiquitous Comput.*, Springer-Verlag, London, UK, UK, v. 5, n. 1, p. 4–7, jan. 2001. ISSN 1617-4909. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s007790170019>>.
- DEY, A. K.; ABOWD, G. D. Towards a better understanding of context and context-awareness. *1st International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing.*, 1999.
- DOCE DESAFIO. *Doce Desafio - Diabetes, Educação em Saúde e Atividades Físicas Orientadas*. 2014. Disponível em: <<http://www.docedesafio.org.br>>. Acesso em: 04 de Dezembro de 2014.
- DUTTA, A.; DUTTA, A. solescan - mobile phone based monitoring of foot sole for callus formation and the shoe insole for pressure "hot spots". In: *Point-of-Care Healthcare Technologies (PHT), 2013 IEEE*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 339–342.
- FILHO, T. A. G. A tecnologia assistiva: De que se trata? In: GLAUCIO JOSE COURI MACHADO AND MARIA NEIDE SOBRAL. *Conexões: educação, comunicação, inclusão e interculturalidade*. Porto Alegre: Redes, 2009. p. 207–235.

FIORAVANTI, A. *et al.* A mobile feedback system for integrated e-health platforms to improve self-care and compliance of diabetes mellitus patients. In: *Engineering in Medicine and Biology Society, EMBC, 2011 Annual International Conference of the IEEE*. [S.l.: s.n.], 2011. p. 3550–3553. ISSN 1557-170X.

FOGG, B. *Persuasive Technology: Using Computers to Change what We Think and Do*. [S.l.]: Morgan Kaufmann Publishers, 2003. (Interactive Technologies Series). ISBN 9781558606432.

FORMOSA, C.; GATT, A.; CHOCKALINGAM, N. The importance of clinical biomechanical assessment of foot deformity and joint mobility in people living with type-2 diabetes within a primary care setting. *Primary Care Diabetes*, v. 7, n. 1, p. 45 – 50, 2013. ISSN 1751-9918. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751991812003099>>.

FRENG, I. L. *et al.* *Mobile Communications for Medical Care*. Cambridge, 2011. Disponível em: <<http://www.csap.cam.ac.uk/media/uploads/files/1/mobile-communications-for-medical-care-final-report.pdf>>.

GIACOMOZZI, C. *et al.* Does the thickening of achilles tendon and plantar fascia contribute to the alteration of diabetic foot loading? *Clinical Biomechanics*, v. 20, n. 5, p. 532 – 539, 2005. ISSN 0268-0033. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268003305000288>>.

GROUP, P. *PHP*. 2014. Disponível em: <<http://php.net>>. Acesso em: 29 de Dezembro de 2014.

INTERNATIONAL DATA CORPORATION. *Worldwide Smartphone Shipments Edge Past 300 Million Units in the Second Quarter; Android and iOS Devices Account for 96% of the Global Market, According to IDC - prUS25037214*. 2014. 14 de agosto de 2014. Disponível em: <<http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25037214>>. Acesso em: 21 de Dezembro de 2014.

JADHAV, M. V. S.; SATTIKAR, A. A. Review of application of expert systems in the medicine. In: *National Conference on Innovations in IT and Management*. [S.l.: s.n.], 2014. ISBN 978-81-927230-0-6.

JÚNIOR, A. H. do A. *et al.* Prevenção de lesões de membros inferiores e redução da morbidade em pacientes diabéticos. *Revista Brasileira de Ortopedia*, v. 49, n. 5, p. 482 – 487, 2014. ISSN 0102-3616. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0102361614001222>>.

KING, T. W. *Assistive technology: essential human factors*. [S.l.]: Allyn e Bacon, Incorporated, 1999.

LEAL, L. B. *et al.* Qualidade de vida relacionada à saúde de pessoas com diabetes mellitus tipo 2. *RENE-Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste*, v. 15, n. 4, 2014.

LYYTINEN, K.; YOO, Y. Issues and challenges in ubiquitous computing. *COMMUNICATIONS OF THE ACM*, v. 45, n. 12, p. 63–65, dec 2002.

MACHADO, A.; LIBRELOTTO, G. R.; AUGUSTIN, I. Ferramenta para definição de contexto pelo usuário-final na programação de tarefas clínicas em um sistema de saúde pervasivo. *Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS*, 2010.

- MANZINI, E.; J. Tecnologia assistiva para educação: recursos pedagógicos adaptados. ensaios pedagógicos: construindo escolas inclusivas. SEESP/MEC, p. 82–86, 2005. Disponível em: <<http://goo.gl/N37wAF>>.
- MEHRY, E. E. *et al.* Em busca de ferramentas analisadoras das tecnologias em saúde: a informação e o dia a dia de um serviço, interrogando e gerindo trabalho em saúde. In: E. E. MEHRY AND R. ONOCKO. *Agir em saúde: um desafio para o público*. São Paulo: Hucitec, 1997. p. 113–50.
- MERHY, E. *Saúde : a cartografia do trabalho vivo*. [S.l.]: Editora Hucitec, 2002. (Saúde em debate). ISBN 9788527105804.
- MUELLER, M. J. *et al.* Insensitivity, limited joint mobility, and plantar ulcers in patients with diabetes mellitus. *Physical Therapy*, v. 69, n. 6, p. 452–459, jun 1989.
- MYSQL. *MySQL :: MySQL 5.7 Reference Manual :: 1.3.1 What is MySQL?* 2014. Disponível em: <<http://dev.mysql.com/doc/refman/5.7/en/what-is-mysql.html>>. Acesso em: 30 de Dezembro de 2014.
- NORMAN, D. A. *The Invisible Computer*. Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1998. ISBN 0-262-14065-9.
- OBAIDAT, M. S.; DENKO, M.; WOUNGANG, I. *Pervasive Computing and Networking*. Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd, 2011. 322 p. ISBN 9781119970422. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/9781119970422>>.
- OLIVEIRA, A. F. de *et al.* Estimativa do custo de tratar o pé diabético, como prevenir e economizar recursos. *Ciência & Saúde Coletiva*, sciELO, v. 19, p. 1663 – 1671, 06 2014. ISSN 1413-8123. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232014000601663&nrm=iso>.
- PEDROSA, H. C. Introdução. In: FÁBIO BATISTA. *Uma abordagem multidisciplinar sobre pé diabético*. São Paulo: Andreoli, 2010. p. 27–28.
- PEDROSA, H. C. *et al.* The diabetic foot in south america: progress with the brazilian save the diabetic foot project. *International Diabetes Monitor*, v. 16, n. 4, p. 17–23, 2004.
- PEREIRA, R. dos S.; MACIEL, M. T. C. B. Caminho percorrido por pessoas amputadas por pé diabético infectado em um hospital público. *Revista Baiana de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. 800–19, dec 2013.
- PIRES, A. C.; CHACRA, A. R. A evolução da insulinoterapia no diabetes melito tipo 1. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia*, sciELO, v. 52, p. 268 – 278, 03 2008. ISSN 0004-2730. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-27302008000200014&nrm=iso>.
- PROMPERS, L. *et al.* Prediction of outcome in individuals with diabetic foot ulcers: focus on the differences between individuals with and without peripheral arterial disease. the eurodiale study. *Diabetologia*, Springer-Verlag, v. 51, n. 5, p. 747–755, 2008. ISSN 0012-186X. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s00125-008-0940-0>>.

REIS, M. do Carmo dos. *Sistema indutor de neoformação tecidual para pé diabético com circuito emissor de luz de LEDs e utilização do látex natural*. Tese (Doutorado) — Universidade de Brasília, Brasília, dec 2013. Tese (doutorado)—Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, 2013.

REIS, M. do Carmo dos; ROSA, S. de S. R. F.; ROCHA, A. F. Desenvolvimento de uma palmilha para pé diabético com controle de pressão. *VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA*, p. 25–31, 2010.

REZENDE, S. *Sistemas inteligentes: fundamentos e aplicações*. [S.l.]: Manole, 2003. ISBN 9788520416839.

RODBARD, D.; VIGERSKY, R. A. Design of a decision support system to help clinicians manage glycemia in patients with type 2 diabetes mellitus. *Journal of diabetes science and technology*, SAGE Publications, v. 5, n. 2, p. 402–411, 2011.

RUSSEL, S.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: a modern approach*. [S.l.]: Pearson, 2010.

SABBATINI, R. M. E. Uso do computador no apoio ao diagnóstico médico. *Revista Informédica*, v. 1, n. 1, p. 5–11, 1993.

SANTO, M. B. do E. *et al.* Adesão dos portadores de diabetes mellitus ao tratamento farmacológico e não farmacológico na atenção primária à saúde. *Enfermagem Revista*, v. 15, n. 1, 2012. ISSN 2238-7218. Disponível em: <<http://periodicos.pucminas.br/index.php/enfermagemrevista/article/view/3275>>.

SANTOS, G. da C. *Elaboração e desenvolvimento de aplicativo para dispositivos móveis para prevenção do pé diabético*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Enfermagem)) — Escola de Enfermagem, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

SANTOS, K. *et al.* Sisped 2.0: An extension of a system to monitor diabetic patients. In: *Telematics and Information Systems (EATIS), 2012 6th Euro American Conference on*. [S.l.: s.n.], 2012. p. 1–8.

SANTOS, V. V. dos. *CEManTIKA: A Domain-Independent Framework for Designing Context-Sensitive Systems*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Pernambuco, Recife, oct 2008.

SCHILIT, B.; THEIMER, M. Disseminating active map information to mobile hosts. *Network, IEEE*, v. 8, n. 5, p. 22–32, Sept 1994. ISSN 0890-8044.

SETO, E. *et al.* Developing healthcare rule-based expert systems: Case study of a heart failure telemonitoring system. *International Journal of Medical Informatics*, v. 81, n. 8, p. 556 – 565, 2012. ISSN 1386-5056. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386505612000561>>.

SILVA, J. C. T. da. *Tecnologia : Conceitos e dimensões*. *XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, oct 2002.

SILVA, L. A. *Android: Programando passo a passo*. v. 3, 2010.

SNYDER, R. J.; HANFT, J. R. Diabetic foot ulcers - effects on qol, costs, and mortality and the role of standard wound care. *Ostomy Wound Manage*, v. 55, n. 11, p. 28–38, nov 2009.

STEFFEN, C. Estratégias de persuasão nos meios digitais: construindo um caminho de problematização (a partir da perspectiva da violência simbólica). *Travessias número 01*, v. 1, n. 1, p. 1 – 13, 2007.

TEXIER, I. *et al.* Swan-icare: A smart wearable and autonomous negative pressure device for wound monitoring and therapy. In: *Embedded Computer Systems: Architectures, Modeling, and Simulation (SAMOS XIII), 2013 International Conference on*. [S.l.: s.n.], 2013. p. 137–144.

WANG, L. *et al.* Smartphone based wound assessment system for patients with diabetes. *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, PP, n. 99, p. 1–1, 2014. ISSN 0018-9294.

WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific american*, Nature Publishing Group, v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991.

WEISER, M.; BROWN, J. S. *THE COMING AGE OF CALM TECHNOLOGY*[1]. 1996. Disponível em: <<http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/acmfuture2endnote.htm>>. Acesso em: 02 de Janeiro de 2015.

WEISS, B. D.; COYNE, C. Communicating with patients who cannot read. *The New England Journal of Medicine.*, v. 377, n. 4, p. 272–274, 1997.

WHO World Health Organization. *A Health Telematics Policy in Support of WHO's Health for All Strategy for Global Health Development: Report of the WHO Group Consultation on Health Telematics*. Geneva: World Health Organisation, 1998.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Chronic Diseases*. 2013. Disponível em: <<http://www.who.int/topics/chronicdiseases/en/>>. Acesso em: 12 de Dezembro de 2013.

WROBEL, J.; NAJAFI, B. Diabetic foot biomechanics and gait dysfunction. *Journal of Diabetes Science and Technology*, v. 4, n. 4, p. 833–45, jul 2010.

Apêndices

APÊNDICE A – PRODUÇÃO CIENTÍFICA

Durante o decorrer do curso de mestrado, algumas pesquisas foram submetidas para congressos na área de Ciência da Computação. Conforme estabelece o regimento do Programa de Pós-Graduação os resultados desta pesquisa também foram submetidos para a revista *Information and Software Technology*. Os resultados obtidos foram:

- **Título:** Um sistema inteligente para auxiliar o tratamento da diabetes e melhora-mento da qualidade de vida;

Autores: Rodrigo Medeiros, Irlan A. T. Moreira, Natan M. Barros, Ana M. G. Guerreiro e Cicilia R. M. Leite;

Veículo: *7th Euro American Association on Telematics and Information Systems*;

Resultado: Aceito.
- **Título:** Arquitetura de um Dispositivo Não-invasivo para Monitoramento de Ingestão de Alimentos;

Autores: Irlan A. T. Moreira, Rodrigo A. Medeiros, Ana M. G. Guerreiro e Cicília R. M. Leite;

Veículo: *7th Euro American Association on Telematics and Information Systems*;

Resultado: Aceito.
- **Título:** *Electrocardiogram Game (ECG²)*;

Autores: Natan M. Barros, Irlan A. T. Moreira, Rodrigo A. Medeiros, Rommel W. de Lima, Cicília R. M. Leite e Ana M. G. Guerreiro;

Veículo: *IEEE 3rd International Conference on Serious Games and Applications for Health*;

Resultado: Aceito.
- **Título:** GameES: Um Jogo para a Aprendizagem de Engenharia de Software;

Autores: Rodrigo A. Medeiros, Irlan A. T. Moreira, Natan M. Barros, Cicília R. M. Leite, Rommel W. de Lima e Lizianne P. S. Marques;

Veículo: XXIV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação;

Resultado: Aceito.
- **Título:** *OtoLeitor: A protocol implementation of Universal Newborn Hearing Screening by a mobile platform in Brazil*;

Autores: Natan M. Barros, Rodrigo A. de Medeiros, Cicilia R. M. Leite, Maximiliano A. Lopes, Ana M. Ribeiro, Fabiana Araújo, Ana M. G. Guerreiro;

Veículo: *15Th Internation Conference on e-Health Networkin, Application & Services;*

Resultado: Aceito.

- **Título:** *An integration OtoLeitor and Sana Platform: a mobile application for performing hearing screening and analysis of signals otoacoustic emissions;*

Autores: Natan M. Barros, Kayo L. N. Pinto, Rodrigo A. Medeiros, Fabiana Araujo, Ana M. G. Guerreiro e Cicília R. M. Leite;

Veículo: *Internation Instrumentation and Measurement Technology Conference;*

Resultado: Aceito.

- **Título:** *Intelligent monitoring system of prevention of the diabetic foot;*

Autores: Rodrigo A. Medeiros, Cicilia R. M. Leite, Sulia S. R. F. Rosa, Lusiane de A. Santana e Jane Dullius;

Veículo: *Information and Software Technology;*

Resultado: Submetido.

Anexos

ANEXO A – FICHA DE ANAMNESE UTILIZADA NO DOCE DESAFIO

Ficha de Anamnese – Avaliação dos Pés*(Por favor preencha em letra de forma bem legível todos os dados abaixo)*

Código de Inscrição: _____ (Letra do 1º nome e DDMMAA - data nasc.)

Nome do Diabético: _____

Nome do entrevistador: _____ Data: ____/____/____

Avaliação dos Pés:

*Com que frequência você examina seus pés? _____

Todos/Quase todos dias	Todas as semanas ou +	1 a 4x/mês, <1x/semana	Cada 1 a 3 meses	Raramente	Nunca
------------------------	-----------------------	------------------------	------------------	-----------	-------

- Já recebeu orientação sobre o cuidado com os pés? () Não () Sim
Por quem? (verificar se foi aqui no Programa ou não)
- Costuma andar descalço? () Não () Sim
- Hoje apresenta dor ao caminhar? () Não () Sim / () Direito () Esquerdo
- Apresenta dor, principalmente noturna, que melhora quando caminha? () Não () Sim / () Direito () Esquerdo.
- Hoje apresenta pontadas, agulhadas, formigamentos, dormência, cãibra nos pés ou membros inferiores ou incômodo ao toque do lençol. () Não () Sim / () Direito () Esquerdo.
- Desde que esta no DD sentiu melhora de dor, pontadas, agulhadas, formigamentos, dormência, cãibras etc: () Não () Sim _____

Teste Força Muscular - Escala de Força Muscular de Kendall:**Panturrilha – Andar em ponta de pé (Grau 5)****Tibial Anterior – Andar no calcanhar (Grau 5)**

Panturrilha – Direita () Grau 0 () Grau 1 () Grau 2 () Grau 3 () Grau 4 () Grau 5

Panturrilha – Esquerda () Grau 0 () Grau 1 () Grau 2 () Grau 3 () Grau 4 () Grau 5

Tibial Anterior – Direita () Grau 0 () Grau 1 () Grau 2 () Grau 3 () Grau 4 () Grau 5

Tibial Anterior – Esquerdo () Grau 0 () Grau 1 () Grau 2 () Grau 3 () Grau 4 () Grau 5

Flexibilidade – Goniômetro

Dorsiflexão: 1° _____ 2° _____ 3° _____

Plantiflexão: 1° _____ 2° _____ 3° _____

Sensibilidade tátil (algodão) testar no dorso do pé:

Presente () D () E Diminuído () D () E Ausente () D () E

Sensibilidade dolorosa (palito) testar no dorso do pé :

Presente () D () E Diminuído () D () E Ausente () D () E

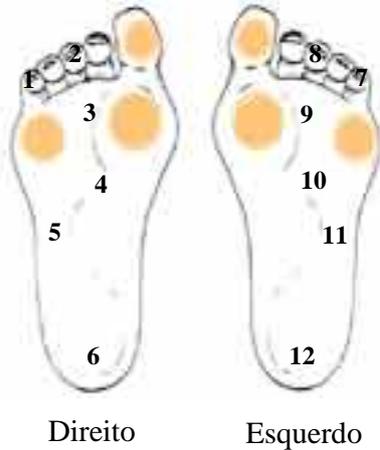
Sensibilidade térmica (água bem fria) – testar no dorso do pé:

Presente () D () E Diminuído () D () E Ausente () D () E

Avaliação Neurológica

Sensibilidade protetora plantar ou percepção da pressão com Monofilamento

Indique o nível Ex: **Positivo 0,5g**



1 _____	2 _____
3 _____	4 _____
5 _____	6 _____
7 _____	8 _____
9 _____	10 _____
11 _____	12 _____

Fonte: GRUPO DE TRABALHO INTERNACIONAL SOBRE PÉDIABÉTICO. **Consenso Internacional sobre Pé Diabético**. Brasília: Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, 2001.

Aparência dos pés:

Pé ressecado: () Não () Sim

Pé hiperemiado: () Não () Sim

Coloração: () normal () ruborizado () pálido () roxo

Temperatura: () normal () Quente

Feridas: () Não () Sim / Local: _____ Tempo que permaneceu aberta : _____

Cicatrizou com qual curativo? (Verificar história progressiva da úlcera)

História: _____

Anatomia dos pés: () Pé Normal () Pé chato () Pé arqueado

Dedos em gancho: () Não () Sim / () Direito () Esquerdo

Dedos sobrepostos: () Não () Sim / () Direito () Esquerdo

Teste de dominância lateral de Harris (chutar uma bola, qual pé utilizou?)

() Direito / () Esquerdo

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Sistema Inteligente de Monitoramento e Prevenção do Pé Diabético (SIM2PeD)

Pesquisador: CÍCILIA RAQUEL MAIA LEITE

Área Temática: Equipamentos e dispositivos terapêuticos, novos ou não registrados no País;

Versão: 1

CAAE: 34570214.2.0000.5294

Instituição Proponente: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte - UERN

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 761.229

Data da Relatoria: 19/08/2014

Apresentação do Projeto:

O projeto apresentado é uma pesquisa de mestrado que possui como proposta principal desenvolver um sistema inteligente de monitoramento do pé diabético. Sua metodologia consiste na instalação de um aplicativo que monitora o paciente com questões pertinentes a diabetes, bem como fornece dicas periodicamente. A amostra é de 20 participantes. Os critérios de inclusão e exclusão estão estabelecidos. No que diz respeito aos aspectos éticos da pesquisa, a obtenção do TCLE está de acordo com a resolução n 466/2012. Os benefícios da pesquisa estão bem determinados. São previstos a garantia de ressarcimento e indenização. O cronograma respeita os trâmites pelo CEP e o orçamento está previsto de 3.4500,00 sendo fomentado pelo autor.

Objetivo da Pesquisa:

O presente projeto tem como objetivo desenvolver um sistema inteligente de monitoramento do pé diabético.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Segundo o autor, o risco gerado por esta pesquisa é mínimo e será causado por responder periodicamente questões e verificar e seguir dicas apresentadas no aplicativo poderá gerar certo desconforto ao indivíduo participante.

Como benefício, as informações coletadas contribuirá para o desenvolvimento de técnicas de

Endereço: Rua Almino Afonso n°. 478

Bairro: Centro

CEP: 59.607-360

UF: RN

Município: MOSSORO

Telefone: (84)3315-2145

Fax: (84)3315-2108

E-mail: cep@uern.br

Continuação do Parecer: 761.229

acompanhamento do pé diabético para auxiliar ao monitoramento contínuo, evitando assim o aparecimento de úlceras e amputações de membros inferiores.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A pesquisa possui relevância, tendo em vista propoe um aplicativo que auxilia no monitoramento do pé diabético

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Todos os termos de apresentação obrigatória foram anexados

Recomendações:

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto não apresenta pendencias

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

Considerações Finais a critério do CEP:

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

MOSSORO, 22 de Agosto de 2014

Assinado por:
LUCIANA ALVES BEZERRA DANTAS ITTO
(Coordenador)

Endereço: Rua Almino Afonso n°. 478

Bairro: Centro

CEP: 59.607-360

UF: RN

Município: MOSSORO

Telefone: (84)3315-2145

Fax: (84)3315-2108

E-mail: cep@uern.br