



Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em  
**Computação Aplicada**  
Mestrado Acadêmico

Cristofe Coelho Lopes da Rocha

UbHeart – Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração  
baseado em ciência da situação e computação ubíqua.

São Leopoldo, 2016

Cristofe Coelho Lopes da Rocha

**UbHeart – Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração  
baseado em ciência da situação e computação ubíqua.**

Dissertação apresentada como  
requisito parcial para a obtenção  
do título de Mestre, pelo Programa  
Interdisciplinar de Pós-graduação  
em Computação Aplicada da  
Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos – UNISINOS

Orientadores:

Prof. Dr. Cristiano André da Costa

Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi

São Leopoldo  
Fevereiro, 2016

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Biblioteca do Instituto Federal de Roraima- IFRR)

R672u Rocha, Cristofe Coelho Lopes da.  
UbHeart – um modelo para monitoramento de sinais vitais do  
coração baseado em ciência da situação e computação ubíqua /  
Cristofe Coelho Lopes da Rocha. – São Leopoldo, 2016.  
69f. : il.; 30 cm (algumas color.)

Orientador: Prof. Dr. Cristiano André da Costa.  
Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi.

Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos  
Sinos - UNISINOS. Curso de Programa Interdisciplinar de Pós –  
Graduação em Computação Aplicada, 2016.

1. Ciência da situação. 2. Computação ubíqua. 3. Telemedicina.  
4. Monitoramento de sinais vitais. I. Título. II. Costa, Cristiano  
André da. (orientador).

CDD – 004

*A Deus, minha família, orientador, colegas de curso e amigos, obrigado pelo apoio, força, incentivo, companheirismo e amizade. Sem eles, nada disso seria possível.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pelo seu infinito amor, à minha família, pela paciência, aos amigos, ao meu orientador, Professor Dr. Cristiano André da Costa, pela imensurável ajuda e inspiração acadêmica como docente e pesquisador, ao professor Rodrigo da Rosa Righi pelas contribuições prestadas neste trabalho, em especial a minha querida e inspiradora mãe, Maria José Coelho da Rocha, a quem dedico esta obra, a meu Pai, Richardson Lopes da Rocha, pela inspiração e apoio em todas as fases deste trabalho, a minha esposa amada, Lara Rocha, pela compreensão e paciência diária, aos meus filhos, pelo incentivo e compreensão, ao Instituto federal de Roraima, pelo incentivo financeiro necessário, aos colegas e a todos os demais professores, bolsistas e funcionários do PIPCA, que juntos contribuíram para a conclusão desta etapa em minha vida.

*“Ouve, Israel, o SENHOR, nosso Deus, é o único SENHOR. Amarás, pois, o SENHOR, teu Deus, de todo o teu coração, de toda tua alma e de toda a tua força.”*

*(Deuteronômio 6:4-5)*

## RESUMO

Pacientes com insuficiência cardíaca e sem acompanhamento médico diário podem ter os sinais fisiológicos do coração comprometidos, causando graves problemas à saúde. Esse cenário recorrente diminui a qualidade de vida do paciente resultando em readmissões hospitalares, onerando assim o sistema de saúde. Considera-se que o emprego de cuidados ubíquos, usando sensores e wearables, pode melhorar esse processo, reduzindo sensivelmente o número de readmissões em sistemas de saúde. Nesse âmbito, esse trabalho propõe o modelo UbHeart, que emprega ciência da situação para identificar possíveis problemas cardíacos. Como contribuição científica o modelo provê o monitoramento da evolução da degradação dos sinais vitais do coração do paciente, por meio da detecção de possíveis situações de complicação cardíaca. A avaliação foi realizada por meio de um cenário prático com uso de um aplicativo móvel e um conjunto de 100 dados fisiológicos agrupados em cinco intervalos para a análise de dois pacientes de 72 e 23 anos. Os resultados foram positivos quanto à aplicação do modelo UbHeart, que possibilitou a compreensão da situação de forma distinta. Foram encontrados valores de 80% de grau envolvimento dos dois pacientes em relação ao risco quando considerado a média dos sinais fisiológicos no intervalo, e de 50% e 20% para os pacientes idoso e jovem, respectivamente, quando considerado a tendência lógica dos sinais fisiológicos no intervalo.

**Palavras-Chave:** Ciência da Situação. Computação ubíqua. Telemedicina. Monitoramento sinais vitais.

## ABSTRACT

Patient with heart failure and without daily monitoring may have heart vital signals committed becoming inevitable their hospitalization. This recurrent scene decreases the patient's life quality, resulting in hospital readmissions generating costs to health of system. The use of ubiquitous care, using sensors and wearables, can automate this process reducing the number of hospital admissions. In this context, we are proposing a model named Ubheart, which employs situation awareness to identify possible heart problems. As a scientific contribution the proposed model monitors the possible degradation of patient's heart vital signs, using the detection of situations of cardiac complications. The evaluation was performed by means of a practical scenario with use of a mobile application and a set of physiological data 100 grouped into five intervals for analysis two patients 72 and 23 years. The results were positive and the application of UbHeart model that allowed us to understand the situation differently. They found values of 80% degree of engagement of the two patients compared to the risk when considering the average of the physiological signals in range and 50% and 20% for elderly and young patients, respectively, when considered logical tendency of physiological signals in interval.

**Keywords:** Science situation. Ubiquitous computing. Telemedicine. Monitoring vital signs.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cenário de monitoramento .....	16
Figura 2. Arquitetura proposta por Mulvaney .....	34
Figura 3. Arquitetura proposta por Kashem .....	35
Figura 4. Arquitetura do modelo proposto por Winkler.....	37
Figura 5 Arquitetura proposta por Suh.....	38
Figura 6 Arquitetura proposta por Costa .....	40
Figura 7 Arquitetura proposta.....	48
Figura 8 Modelo UbHeart.....	50
Figura 9 Módulo de detecção de potenciais riscos .....	52
Figura 10 Módulo de classificação de riscos .....	53
Figura 11 Módulo de base de regras e ação.....	55
Figura 12 Ontologia e relações.....	56
Figura 13 Protótipo do UbHeart desenvolvido para ANDROID.....	60
Figura 14 Cálculo do padrão e índice .....	61
Figura 15 Gráfico do sinal fisiológico idoso.....	69
Figura 16 Gráfico do sinal fisiológico jovem.....	70

## LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Comparação de características de trabalhos relacionados. ....	43
Tabela 02: Valores estabelecidos para a base de teste .....	68
Tabela 03: Paciente com alteração nos sinais fisiológicos.....	68
Tabela 04: Taxa de comprometimento TxM e TxL para batimento cardíaco.	73

## LISTA DE ALGORITMOS

Algoritmo 1: Algoritmo de avaliação da degradação .....	62
Algoritmo 2: Cálculo de índice de degradação .....	63
Algoritmo 3: Cálculo de taxa de comprometimento.....	63

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

UBICOMP - Computação ubíqua

PIPCA - Programa Interdisciplinar de Pós-Graduação em Computação

UbHeart - Nome do modelo proposto no trabalho

SBC - Sociedade Brasileira de Cardiologia

TxL - Taxa de Comprometimento médio

TxL - Taxa de Comprometimento baseado na lógica

## SUMÁRIO

<b>1.INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1 Questão da pesquisa .....	18
1.2 Objetivos.....	19
1.3 Estrutura do Texto.....	20
<b>2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....</b>	<b>21</b>
2.1 Computação Ubíqua .....	21
2.1.1 Contexto .....	22
2.1.2 Ciência de contexto .....	23
2.1.3 Ciência da Situação .....	24
2.1.3.1 Regras de determinação da ação e situação.....	26
2.1.3.2 Modelagem Conceitual .....	26
2.2 Cuidados Ubíquos. ....	27
2.3 Monitoramento de sinais vitais a distância.....	28
2.4 Insuficiência cardíaca e a telecardiologia .....	29
2.5 Ontologias.....	30
2.6 Considerações parciais.....	31
<b>3. TRABALHOS RELACIONADOS.....</b>	<b>33</b>
3.1 Monitoring Heart .....	33
3.2 Managing Heart .....	35
3.3 A new telemonitoring.....	36
3.4 A Remote Patient Monitoring.....	37
3.5 Telecardiology through.....	39
3.6 Análise comparativa.....	40
3.7 Oportunidades de trabalho .....	44
<b>4. MODELO PROPOSTO.....</b>	<b>47</b>
4.1 Arquitetura.....	47
4.2 Modelo UbHeart.....	49

## SUMÁRIO

4.2.1 Componente de Detecção de Potencial de Risco.....	51
4.2.2 Classificação de Risco do Paciente.....	52
4.2.3 Regras de Situação e Ações.....	54
4.2.4 Ontologia desenvolvida.....	56
<b>5. IMPLEMENTAÇÃO .....</b>	<b>59</b>
5.1 Ferramenta utilizada .....	59
5.2 Cliente Android.....	60
5.3 Algoritmo de análise de situação .....	61
<b>6. AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO .....</b>	<b>65</b>
6.1 Metodologia empregada .....	65
6.2 Avaliação por cenários.....	66
6.3 Avaliação com Sinais Fisiológicos .....	68
6.4 Avaliação da Ciência da Situação.....	71
<b>7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>75</b>
<b>8. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>79</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A readmissão em sistemas de saúde tem crescido significativamente nos últimos anos. Apesar dos avanços nos cuidados de pacientes com insuficiência cardíaca (IC), os resultados após a internação não estão melhorando (CHAUDHRY et al., 2013). Essa patologia é considerada um dos principais desafios médicos do nosso tempo (UKENA et al., 2012).

Sem acompanhamento médico diário, os sinais fisiológicos dos pacientes são comprometidos e a internação torna-se inevitável. Esse cenário recorrente diminui a qualidade de vida do paciente e resulta em retorno ao hospital, onerando assim o sistema de saúde.

Fatores associados ao aumento das taxas de readmissão incluem o descumprimento da medicação, a falta da procura de tratamento médico imediato quando os sintomas são exacerbados e automedicação (ANKER, 2011).

Uma estratégia promissora é o telemonitoramento, que consiste em observar os sinais fisiológicos do paciente a fim de que os profissionais da saúde possam intervir mais cedo, se houver evidência de deterioração clínica (CHAUDHRY et al., 2013).

A evolução da computação móvel e ubíqua tem favorecido o desenvolvimento de soluções que utilizam sensores e aplicativos móveis em benefício do ser humano. Particularmente, os *smartphones* têm capacidade significativa que pode ser explorada para construir poderosas aplicações na área da saúde (SCOTT et al., 2015).

O propósito de se manter cuidados médicos utilizando a computação ubíqua vem sendo chamado de *ubiquitous healthcare*. E consiste em fornecer um serviço conveniente aos pacientes, facilitando o diagnóstico das condições clínicas (GELOGO et al., 2013).

No âmbito da saúde ubíqua, este trabalho está particularmente focado na insuficiência cardíaca e propõe o modelo denominado UbHeart.

A Figura 1 apresenta o cenário em que o modelo proposto se insere. Primeiro é feito um diagnóstico prévio utilizando as informações adquiridas pelos sensores.

Quando uma situação de risco é identificada, um alerta é enviado ao paciente, podendo ainda ser comunicada aos responsáveis pelo paciente e ao hospital, que aciona o médico.

Com o advento da saúde eletrônica, o mundo tem visto diversas iniciativas, muitas voltadas para o apoio à saúde. A medicina a distância é sinônimo de uma rede de telecomunicações para a transmissão de informações, que aplica os diversos recursos da computação moderna às áreas médicas (BEIJER et al., 2015).

O atendimento médico a distancia pode compreender a assistência médica e os cuidados de saúde. Todavia, independente do uso é importante entender a amplitude das tecnologias aplicadas (SCOTT et al., 2015).

A computação ubíqua introduzida pelo pesquisador Mark Weiser propõe um sistema computacional invisível e incorporado aos ambientes, a fim de auxiliar as atividades humanas, mudando minimamente a forma como as tarefas são originalmente realizadas (WEISER, 1991). Esse paradigma é uma forma transparente de integrar tecnologias às atividades humanas diárias.

Figura 1: Cenário de monitoramento.



Fonte: próprio autor.

Segundo Costa et al. (2008), a dificuldade reside em como desenvolver aplicativos que irão continuamente se adaptar ao ambiente e



continuar funcionando, à medida que as pessoas se movem ou trocam de dispositivos.

Os conceitos da computação ubíqua aplicados à telemedicina surgem como uma possibilidade para intervir nos cuidados médicos de pacientes através do monitoramento de sinais vitais.

A Figura 1 ilustra o uso de sensores captando sinais vitais do paciente em um ambiente específico e repassando-os ao hospital para o prévio diagnóstico médico e o agendamento da consulta, evitando assim a readmissão às pressas. Sensores são incorporados ao paciente a fim de captar os sinais fisiológicos propiciando a análise do estado de saúde do paciente.

O cenário propõe um diagnóstico prévio utilizando as informações adquiridas pelos sensores. A situação de risco, ao ser identificada, é alertada ao paciente, podendo ainda ser comunicada aos responsáveis pelo paciente e ao hospital.

A possibilidade de reconhecer informações que possam identificar possíveis degradações fisiológicas e combiná-las a fim de caracterizar uma situação de risco ao paciente pode representar um auxílio nos cuidados médicos e prevenir a readmissão no hospital.

Até o presente momento, não foram encontrados trabalhos que utilizam a ciência da situação aplicada ao monitoramento de sinais vitais de pacientes com insuficiência cardíaca.

Durante as pesquisas, o estudo destacou como importante o monitoramento do progresso do paciente ao longo do tempo e a necessidade de analisar a ordem de classificação das medições com a finalidade de auxiliar o médico quanto ao grau de investigação (KASHEM et al., 2008) (MULVANEY et al., 2012).

Alguns trabalhos relacionados apontaram que as medições realizadas pelos sensores foram associadas às perguntas efetuadas pelo médico ao paciente e também a códigos de cores informados no sistema (KASHEM et al., 2008).

## 1.1 Questão da pesquisa

Este estudo descreve um modelo computacional desenvolvido a partir da visão do cenário atual de telemedicina e telemonitoramento, das relevantes questões de readmissão em sistemas de saúde e da qualidade de vida dos pacientes com IC.

Dessa forma, este trabalho procura responder a seguinte questão: Como seria um modelo para monitorar sinais vitais de pacientes com insuficiência cardíaca, que aplica os conceitos de ciência de situação e computação ubíqua para identificar potenciais riscos à saúde do paciente?

Esta questão permite a investigação de um mecanismo de saúde, onde a qualidade e a expectativa de vida do ser humano possam ser melhoradas.

A identificação do risco de saúde desde o início de sua evolução permite a recuperação rápida evitando internação e a readmissão nos leitos de UTI dos hospitais.

O uso dos sensores permite adquirir as informações necessárias, que associadas à mobilidade dos dispositivos móveis pode monitorar em qualquer lugar a evolução dos sinais fisiológicos do coração para uma possível degradação. A ciência da situação é a percepção dos elementos de um ambiente dentro de um espaço de tempo, compreendendo o significado deles e da projeção de seus estados (ENDSLEY,1995).

Anagnostopoulos (2007) complementa como sendo um tipo particular da ciência de contexto onde a situação em que o usuário está envolvido é definida por pedaço de contextos logicamente agregados.

Nesse sentido, foi levado em consideração que uma só combinação de informações de contexto não determina a situação em que o usuário se encontra, haja vista que aspectos temporais também devem ser considerados.

O modelo proposto analisa os diversos contextos obtidos através dos sensores, e as regras predeterminadas classificam as situações encontradas, podendo recomendar ao paciente sobre boas práticas para ter uma boa saúde ou até mesmo avisar à clínica sobre a degradação da saúde do paciente.

## 1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é propor um modelo para monitoramento de sinais vitais de pacientes com insuficiência cardíaca (IC), utilizando os conceitos da ciência da situação baseado em computação móvel e ubíqua.

Os sinais vitais dos pacientes devem ser lidos por sensores e, por meio da combinação deles, devem ser detectadas as situações com potencial de risco à saúde do paciente.

O estudo deve seguir orientações das diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) a fim de desenvolver um modelo aplicável ao monitoramento de saúde do coração.

Outros objetivos específicos também são importantes para a conclusão do trabalho:

- Estruturar um formato de dados para análise, baseados nas diretrizes da sociedade brasileira de cardiologia;
- Elaborar estratégias de processamento das informações a fim de possibilitar a identificação do risco;
- Utilizar a plataforma de computação móvel para permitir portabilidade e distribuição;
- Avaliar funcionalidade do modelo durante a análise dos contextos por meio de protótipo.

A identificação de situações de risco ao paciente com insuficiência cardíaca exige a definição de um formato de dados adequado para representar o significado das informações.

Em seguida, os dados serão submetidos a um processamento sequencial, o qual permitirá a identificação de potenciais riscos baseados na combinação encontrada de acordo com as diretrizes internacionais de cardiologia. Essa identificação possibilitará encontrar o grau de relevância da ocorrência.

O protótipo chamado de UbHeart será avaliado de acordo com sua capacidade de encontrar e classificar possíveis combinações de dados adquiridos por sensores que apresentem risco ao paciente. Além disso, para evitar espaços de tempo em que o paciente não seja monitorado, deve-se utilizar uma plataforma móvel.

### **1.3 Estrutura do Texto**

Este trabalho está organizado em capítulos, cada um tratando de um assunto específico. A organização de cada capítulo está descrito a seguir. O capítulo 2 descreve conceitos fundamentais ao desenvolvimento do trabalho, com o objetivo de embasar o leitor sobre os diversos temas aplicados no trabalho. O capítulo 3 refere-se aos trabalhos relacionados com o tema da pesquisa. Nele são analisados os modelos propostos pelos autores. O capítulo 4 descreve o modelo proposto e suas funcionalidades. O capítulo 5 descreve a avaliação do modelo proposto. E, por fim, o capítulo 6 são as considerações finais deste trabalho.

## 2. CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Alguns conceitos relevantes para o desenvolvimento deste trabalho são descritos para um melhor entendimento.

A computação ubíqua permite que o paciente seja monitorado de forma confortável, a qual associada aos contextos adquiridos permite a definição da situação em que o usuário se encontra através das regras da ciência da situação.

O monitoramento de sinais vitais a distância permite aos profissionais da saúde uma atuação antecipada, evitando assim as readmissão às pressas.

A insuficiência cardíaca e a telecardiologia são áreas relacionadas à saúde do coração, que estão em desenvolvimento com uso da saúde ubíqua.

Durante a fase de desenvolvimento do modelo será necessária a elaboração de algumas ontologias, as quais permitirão uma melhor abstração e comunicação dos profissionais envolvidos.

### 2.1 Computação Ubíqua

A computação ubíqua e seus conceitos são largamente utilizados em soluções que tornam mais dinâmica a vida do ser humano.

O autor visionário Weiser (1991) disse: "As tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem. Elas estão entrelaçadas no tecido da vida e se integram de maneira inconsútil à vida cotidiana, até que são indistinguíveis...".

Costa (2008) como Yau et al. (2006) acrescentam que a computação ubíqua é o acesso do usuário ao ambiente computacional em toda parte, em todo o tempo e em quaisquer dispositivos. A informação deve estar o mais perto possível do usuário e ser independente dos dispositivos computacionais, o que provoca uma postura diferente durante o processo de implementação do software e da interpretação dos computadores em nossa vida cotidiana.

Weiser (2001) destaca uma nova forma de conceber e pensar sobre computadores do mundo, levando em conta o ambiente natural do ser humano, permitindo que os computadores se tornem imperceptíveis.

Cada dia mais utilizada, a computação móvel é uma plataforma indispensável em sistemas ubíquos. O desafio é unir toda a complexidade de desenvolvimento de um software pró-ativo e reativo em uma arquitetura heterogênea, móvel e distribuída.

Segundo Costa et al. (2008), a escalabilidade, a heterogeneidade, a integração, a invisibilidade e a ciência de contexto são os principais desafios na abordagem da computação ubíqua. Alguns deles são indispensáveis para elaboração do modelo proposto neste trabalho.

Satyanarayanan (2001) destaca o uso eficiente de espaços inteligentes. Ao incorporar a computação, um espaço inteligente reúne dois mundos, e a fusão desses mundos permite o controle de um pelo outro.

A relação do usuário com os computadores possui característica única na computação ubíqua.

Costa et al. (2008) ressalta que a interoperabilidade e a mobilidade são aspectos primordiais para a invisibilidade do sistema, a qual permite que seja possível ambientes saturados de computadores. Os benefícios dos conceitos descritos pelos autores podem ser aplicados à área médica através da telemedicina. Informações de contexto proporcionam aos sistemas de telemedicina uma maior eficácia, permitindo avaliações médicas do paciente de acordo com suas características individuais, situação e localização.

### **2.1.1 Contexto**

Dey et al. (2001) define contexto como qualquer informação que pode ser usada para caracterizar a situação de uma entidade. Também segundo Dey (2001), uma entidade é uma pessoa, lugar ou objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário ou aplicação.

Segundo Barbosa et al. (2015) o contexto destaca aspectos relevantes para uma situação, a qual é definida por Dey et al. (2001) como uma descrição dos estados das entidades.

Uma aplicação sensível ao contexto realiza ações básicas, tais como (HUANG; LIU; LI, 2011): coletar e armazenar as informações relativas ao contexto e utilizar o contexto em seu comportamento.

Sistemas computacionais agregam diariamente diversas informações, as quais podem ser úteis em descrever características únicas de cada entidade de interesse e assim determinar sua situação.

Cada valor descrito no contexto especializa sua entidade de forma a definir a situação em que ela se encontra. E a ação do sistema ao interpretar o valor do contexto determina sua sensibilidade.

É difícil encontrar um único conjunto genérico de informações de contexto para todas as aplicações. Entretanto, há um conjunto de dimensões básicas a partir das quais é possível contextualizar uma determinada atividade (ABOWD and MYNATT, 2000), são elas: 1. Quem: informações contextuais de todas as pessoas; 2. O quê: identifica o que o usuário está fazendo; 3. Onde: informações de localização 4. Quando: o contexto temporal; 5. Por quê: informações de contexto que explica o estado de uma pessoa.

A ciência de contexto se apresenta como uma das técnicas para interpretar as informações de contexto de forma inteligente.

### **2.1.2 Ciência de contexto**

Segundo Schilit apud Dey (2001), um sistema é ciente ao contexto quando ele utiliza o contexto para fornecer informações e ou serviços relevantes para o usuário, cuja relevância depende da tarefa do usuário. Os computadores sozinhos não são capazes de coletar e mesmo agregar valores decisivos para uma aplicação baseados em contexto (SCHILIT apud DEY, 2001).

Pascoe apud Dey (2001) define o contexto como o subconjunto de estados físicos e conceituais de interesse a uma entidade particular.

Auxiliar uma aplicação determinando sua execução com base em informações de contexto define a sensibilidade do sistema. As ações

determinadas pelo contexto podem ser: apresentação de informações e serviços a um usuário ou mesmo uma execução automática de um serviço.

A evolução do paradigma da computação ubíqua tem originado novos conceitos que revolucionaram a computação mundial e permitiram uma variação da ciência de contexto em que situações são relacionadas à parte do contexto.

Segundo Anagnostopoulos et al. (2007), a ciência de contexto propiciou a automatização de um software com base em contexto. Assim, ciência de contexto determina a capacidade que um dispositivo tem para detectar, sentir, interpretar e interagir com os aspectos do ambiente local do usuário e os dispositivos de computação.

Entretanto, a evolução do paradigma da computação ubíqua tem originado novos conceitos que permitem uma variação da ciência de contexto em que um conjunto de contextos de maior complexidade tem sido tratado como uma situação.

### **2.1.3 Ciência da situação**

A ciência da situação (CS) foi originada com os profissionais da aviação e logo em seguida se espalhou para a comunidade acadêmica (DURSO et al., 2008). Foi definida por Endsley (1995) como a percepção dos elementos de um ambiente dentro de um espaço de tempo, compreendendo o significado deles e da projeção de seus estados.

Anagnostopoulos et al. (2007) define a ciência da situação como um tipo particular de ciência de contexto, onde as situações são determinadas como peças de contexto logicamente agregadas.

Nesse sentido, foi levado em consideração que uma só combinação de informações de contexto não determina a situação em que o usuário se encontra, haja vista que são levados em consideração aspectos temporais.

Segundo Chen et. al. (2012), a situação é definida como a determinação de um estado em um instante de tempo específico, em um ambiente físico ou conceitual.



Ramachandran et. al. (2012) acrescenta que a CS é uma propriedade e uma classe de aplicação que trata de reconhecer quando os dados de sensoriamento representam conhecimento de uma entidade.

Segundo Durso et. al. (2008), o objetivo principal de uma aplicação de reconhecimento de situação é explorar as reações do usuário e permitir que o sistema se torne mais abrangente.

Chen et al. (2012) como Anagnostopoulos et. al. (2007) apontam para um processo cognitivo que consiste em três funções operacionais. Primeiro, ela envolve a detecção e reconhecimento de diferentes elementos no ambiente. Em segundo lugar, é necessária a interpretação e compreensão do significado associado a elementos percebidos no ambiente. E em terceiro lugar, que exige a capacidade de antecipar as ações dos elementos e prever estados futuros.

Endsley (1995) descreve três fases durante o processo de análise de situação. A primeira delas é a percepção do estado, do atributo e na dinâmica dos elementos relevantes do ambiente. Em seguida, a compreensão da situação, que envolve a interpretação dos valores adquiridos durante a percepção. E, por fim, a projeção futura, que consiste na habilidade para prever as ações futuras, ou seja, qual será a evolução do ambiente.

A gestão eficiente das informações de contexto demanda uma modelagem detalhada a fim de produzir um ambiente de computação ubíqua. Um aplicativo baseado em ciência da situação tem a capacidade de interagir, aprender e se adaptar ao contexto situacional atual da entidade (ANAGNOSTOPOULOS et. al., 2007).

Existem alguns processos críticos em computação situacional, tais como: o raciocínio aproximado pela falta de dados relevantes e a necessidade da tomada de decisão em tempo crítico.

Para lidar com o contexto situacional e computação situacional, Anagnostopoulos et. al. (2007) propõe dois tipos de regras que são discutidas na próxima subseção.

### **2.1.3.1 Regras de determinação da ação e situação**

As regras de determinação de situação são utilizadas para modelar o conhecimento que pode ser utilizado para inferir a situação atual do usuário. E refere-se à conclusão/classificação da classe de situações compatíveis com que um usuário pode estar envolvido (ANAGNOSTOPOULOS et al., 2007). Tais regras combinam informações contextuais a partir de diversas fontes de conhecimento sobre o contexto do usuário.

As regras de determinação de ação podem acionar tarefas específicas relacionadas com o contexto situacional atual. Basicamente as regras invocam tarefas específicas baseadas no perfil do usuário. No entanto, o sistema tem que considerar o grau de certeza sobre o envolvimento do usuário em determinada situação. Isto significa que o sistema tem que decidir qual a tarefa será executada de acordo com a situação.

Anagnostopoulos et al. (2007) descreve três possibilidades de ocorrência baseado na situação: 'não tomar nenhuma ação', 'agir', 'avisar'. A primeira, denota que o sistema não está certo sobre o envolvimento situacional do usuário. A segunda, o sistema tem que realizar a tarefa correspondente. A terceira possibilidade seria apenas relatar que um evento específico ocorreu, não existe uma regra de determinação de ação específica para esse evento, ou seja, o sistema não está certo o suficiente sobre o envolvimento situacional do usuário.

A Modelagem de atividade, representação e reconhecimento tem atraído cada vez mais atenção nos últimos anos, em particular em contextos de ambientes assistivos (CHEN et al., 2012). Na próxima seção será abordada a modelagem utilizada para elaborar os conceitos e suas relações utilizadas no trabalho.

### **2.1.3.2 Modelagem Conceitual**

A Modelagem conceitual mapeia informações contextuais em conceitos e suas relações. Para elaborar os conceitos e suas relações com mais expressividade, em termos de modelagem de informações contextuais,

são necessárias algumas linguagens específicas (ANAGNOSTOPOULOS et. al., 2007). Os conceitos e as relações entre eles são descritos usando o esquema sujeito, predicado e objeto.

Segundo Chen et. al. (2012) define que modelagem de atividade, de representação e de reconhecimento em sistemas ubíquos precisam reconhecer o comportamento de um usuário de forma dinâmica, a fim de suportar aplicações cientes da situação.

A computação ubíqua pode contribuir para o monitoramento dos sinais vitais do coração, lidos através dos equipamentos médicos utilizados na telecardiologia.

Na próxima subseção será abordado o tema “cuidados ubíquos”, utilizado como referência base para este trabalho.

## **2.2. Cuidados Ubíquos**

O uso de sensores em ambiente domiciliar permite que pacientes possam ser monitorados continuamente em qualquer parte da casa. Dados fisiológicos como pressão arterial, frequência cardíaca, atividades realizadas pelo paciente (caminhar, dormir e comer, etc.) e condições do ambiente (temperatura e umidade) podem ser obtidos continuamente.

Os profissionais responsáveis pelo paciente podem acompanhar os sinais vitais do indivíduo, por meio do serviço de telemonitoramento. Todavia, durante o monitoramento na residência, a possibilidade de reagir antecipadamente quando limites preestabelecidos dos dados fisiológicos do paciente são atingidos, ainda são desafios, os quais podem ser minimizados com uso da computação ubíqua.

O conjunto de dados fisiológicos e atividades físicas, por exemplo, podem apresentar diversos diagnósticos, e somente a interpretação de um dado fisiológico isolado não permitirá um diagnóstico preciso, sobretudo quando se associa a diversos contextos, tais como: idade, atividade física, temperatura, entre outros.

A computação ubíqua permite o desenvolvimento de aplicações de saúde baseada em seus conceitos com características de invisibilidade,

tornando o monitoramento menos invasivo, aumentando assim a qualidade de vida do paciente. Ela permite através da computação móvel que o paciente possa ser monitorado em qualquer lugar e em qualquer momento. Nesse âmbito, a área de cuidados ubíquos (do inglês *Ubiquitous HealthCare*) permite o uso da computação móvel e ubíqua para o monitoramento da saúde do paciente em qualquer lugar e a qualquer momento, sem a necessidade de que a pessoa esteja em uma clínica ou hospital.

O propósito de se manter cuidados médicos de forma ubíqua, que vem sendo chamado de *Ubiquitous Healthcare*, é fornecer um serviço conveniente aos pacientes, facilitando o diagnóstico das condições clínicas (GELOGO et al. 2013).

Na próxima seção observaremos como é realizado o monitoramento de sinais vitais a distância.

### **2.3 Monitoramento de sinais vitais a distância**

Especialistas e pesquisadores em medicina cardíaca sugerem monitoramento e rastreamento de sintomas dos pacientes em uma base diária, a fim de evitar situações de emergência (SUH et al., 2011).

Exames realizados são transmitidos para a unidade especializada responsável pela análise por meio das tecnologias da informação e comunicação. Esta abordagem de monitoramento consiste na realização de cuidados médicos, a fim de manter o pacientes em condição estável baseado nas medições adquiridas pelos equipamentos médicos.

Diversas soluções de baixo custo para a telemedicina têm sido propostas (COSTA et. al., 2012). Algumas técnicas são utilizadas com suporte telefônico e dispositivo de monitoramento de sinal fisiológico específico.

Telemonitoramento envolve a transferência de dados fisiológicos, tais como pressão arterial, peso, sinais de eletrocardiograma ou saturação de oxigênio por meio da tecnologia, tais como linhas de telefone, banda larga, via satélite ou redes sem fio (FONAROW et al., 2012).

Os trabalhos pesquisados apresentaram o monitoramento de sinais fisiológicos de pacientes como um recurso eficaz no diagnóstico prévio e na prevenção na readmissão de pacientes em hospitais. Todavia, também foram relatados alguns problemas de transmissão e compressão de exames, os quais são de alta relevância para o diagnóstico médico.

## **2.4 Insuficiência Cardíaca e a Telecardiologia**

Segundo Carvalho et. al. (2011), a quantidade de pessoas idosas tem crescido substancialmente nos últimos anos. Este cenário aumenta a demanda por serviços de saúde, exigindo cada vez mais da atual infraestrutura existente.

No Brasil, segundo Alkmim et. al. (2009), as doenças cardiovasculares são a principal causa de morte e são responsáveis por cerca de 1/3 do total de óbitos. A qualidade de vida de muitos pacientes tem sido afetada por causa de sintomas físicos que perturbam o funcionamento diário do coração e ocasionam custos decorrentes de internações nos hospitais.

Telecardiologia refere-se ao monitoramento ou diagnóstico a distância das atividades cardíacas dos pacientes através da tecnologia da informação e comunicação (HSIEH et al., 2013).

Segundo Giuliano et. al. (2010), a Telecardiologia está mudando o cuidado primário de pacientes com doenças cardiovasculares em todo o mundo. A metodologia utilizada auxilia o médico na manipulação das afecções cardíacas possibilitando o atendimento preferencial de pacientes de alto risco. Os exames podem ser realizados nos domicílios dos pacientes, o que se torna conveniente para indivíduos idosos, além de auxiliar no diagnóstico ambulatorial de pacientes com arritmia, pela possibilidade de maior tempo de observação (GIULIANO et al., 2010).

A maior vantagem da telecardiologia é que ela permite que cardiologistas remotos possam realizar diagnósticos antecipados. E ainda propor estratégias terapêuticas eficazes para os pacientes em áreas rurais onde os médicos cardiologistas raramente são acessíveis (HSIEH et al., 2013). Além disso, a telecardiologia permite diminuir a taxa de mortalidade de

pacientes com ataque cardíaco, podendo ainda reduzir o custo de transporte do paciente em caso de transferências desnecessárias entre hospitais ou mesmo de sua residência para a clínica hospitalar.

Segundo Sufi et al. (2009), em uma aplicação típica de telecardiologia, o sinal de ECG é transmitido do paciente para o médico através do telefone celular. Apesar das perspectivas positivas da telecardiologia algumas questões se apresentam como desafios. São elas: transmissão eficiente e armazenamentos das informações e detecção rápidas de anormalidades.

Desenvolver estudos na área de telecardiologia envolve uma série de conceitos e definições com os quais devemos manipular durante a fase de concepção do modelo. No entanto, uma descrição formal dos conceitos envolvidos em um domínio pode definir melhor o vocabulário utilizado entre os pesquisadores que desenvolvem o trabalho. Alguns termos e conceitos relacionados ao domínio da cardiologia podem ser melhor definidos com o uso de ontologias.

Para desenvolver este estudo foram utilizadas técnicas de ontologia, a fim de melhor descrever o modelo e suas funcionalidades. Na próxima seção entenderemos os conceitos de ontologias e as justificativas para sua utilização.

## **2.5 Ontologias**

A ontologia, segundo Noy et al. (2000), é uma descrição formal explícita de conceitos em um domínio. Uma ontologia juntamente com um conjunto de instâncias individuais constitui uma base de conhecimento.

O termo possui sua própria definição na computação, especificamente na Inteligência Artificial. Uma ontologia é uma rede de definições de um vocabulário que expressa um consenso da comunidade sobre o domínio de conhecimento (CAMPOS, 2010).

Segundo Noy et al. (2000), alguns passos devem ser seguidos. O primeiro é determinar o domínio e a abrangência da ontologia, respondendo perguntas como: O que é o domínio aonde a ontologia irá cobrir? Para que

vamos usar a ontologia? Para quais tipos de perguntas a informação na ontologia deve fornecer respostas? Quem vai usar e manter a ontologia? O segundo passo é considerar algumas ontologias já existentes. O terceiro é considerar termos importantes para a definição de ontologia. O quarto é definir as classes e a hierarquia de classes. O quinto é definir as propriedades das classes. O sexto é definir as restrições de função das propriedades e criar as instâncias.

As vantagens de se definir uma ontologia para trabalhar com cuidados ubíquos é a capacidade de interpretar os contextos de forma a reconhecer seus estados durante a alteração dos valores em um ambiente.

Um valor específico para um estado tem sua relevância, e sua interpretação deve ser bem definida, uma vez que sistemas de cuidados ubíquos utilizam essas informações como referência para tomada de decisão.

## **2.6 Considerações Parciais**

A computação ubíqua permitiu o surgimento dos cuidados ubíquos, que alterou a forma como serviços computacionais prestam suporte à área de saúde. O monitoramento dos sinais fisiológicos de pacientes foi uma das áreas beneficiadas, uma vez que os sinais vitais podem ser adquiridos de forma menos invasiva e transmitidos a distância.

Essa nova forma de conceber cuidados de saúde, denominada cuidados ubíquos, viabilizou a capacidade de um sistema computacional de lidar com questões mais complexas, realizando um diagnóstico prévio e necessário utilizando como recurso a ciência da situação.

Dessa forma, a telecardiologia foi influenciada pelas tecnologias e proporciona uma melhor forma de assistir pacientes com insuficiência cardíaca. Mas, para tanto, é necessário desenvolver uma concepção de definição para os termos da cardiologia por meio de ontologias.

Nesse âmbito se insere o escopo deste trabalho, que utiliza a telecardiologia como referência, aplicando as tecnologias da informação com foco em cuidados ubíquos. Na seção 3, são estudados trabalhos relacionados com o objetivo de definir o estado da arte.





### 3. TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo são estudadas propostas relacionadas ao tema da dissertação. O capítulo está organizado em seções. Nas seções de 3.1 a 3.5 são analisados modelos de sistemas de monitoramentos de sinais vitais que utilizam características da computação ubíqua e ciência de contexto e situação baseados nos conceitos estudados por Weiser (1991) e Costa (2008). A seção 3.6 realiza a análise comparativa entre os trabalhos. E a seção 3.7 descreve algumas lacunas abertas durante a análise dos trabalhos.

Os trabalhos considerados foram: Monitoring Heart Disease and Diabetes with Mobile Internet Communications (MULVANEY et al. 2012), Managing Heart Failure Care Using an Internet-Based Telemedicine System (KASHEM et al. 2008), A new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology — Feasibility study Sebastian (WINKLER et al. 2011), A Remote Patient Monitoring System for Congestive Heart Failure (SUH et al. 2011) e Telecardiology through ubiquitous Internet services (Costa et al. 2012).

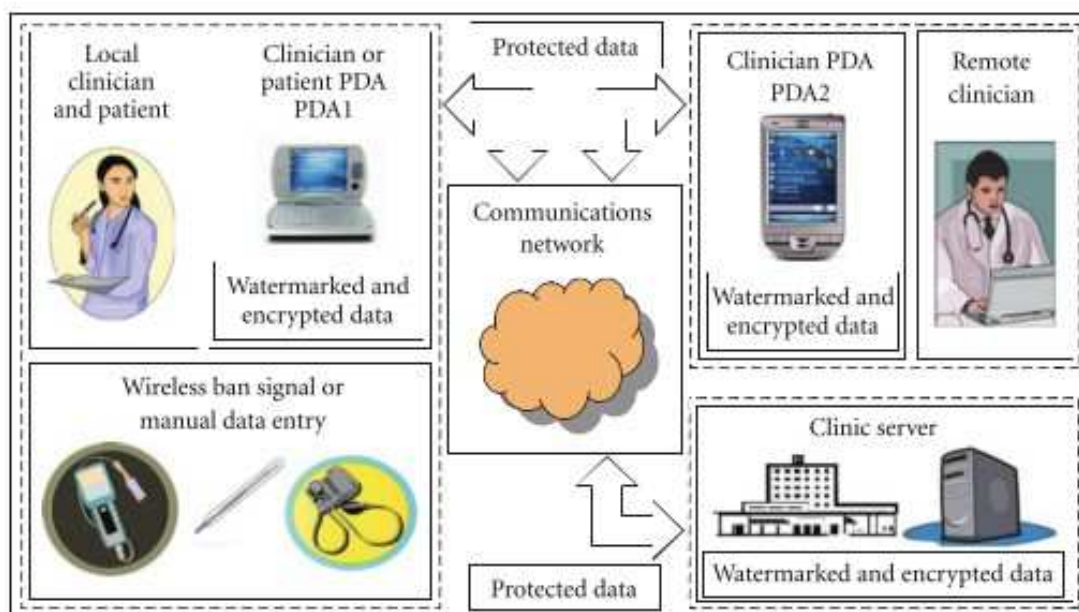
Durante as pesquisas foram realizadas diversas buscas genéricas utilizando como recurso o Google Scholar, e, em seguida, as pesquisas foram direcionadas para periódicos internacionais tais como: IEEE Explore, Scielo, ACM Digital Library, que retornou resultados nos periódicos, destacando-se: Journal of medical systems, International journal of telemedicine and applications, International Journal of Cardiology e International journal of medical informatics e portal Google Acadêmico. Foram utilizadas como chaves de busca as palavras Heart fail, telemedicine, telecardiology, telemonitoring, ubiquitous health, ubiquitous care, Heart health e health care, e os trabalhos foram selecionados de acordo com o retorno das pesquisas.

#### 3.1 Monitoring Heart Disease and Diabetes with Mobile Internet Communications

Mulvaney et al. (2012) publicou no periódico International de telemedicina e aplicações o artigo “*Monitoring Heart Disease and Diabetes*

with *Mobile Internet Communications*”, que descreve um modelo de utilização de uma rede de sensores sem fios para identificar medições e fornecer indicadores para análise de tendências e envio de possíveis alerta de complicações ao paciente. A Figura 2 descreve a arquitetura proposta.

Figura 2: Esquema da arquitetura



Fonte: Mulvaney et al., 2012, p.3.

As medidas de glicose, pressão arterial, temperatura e respiração, foram feitas por sensores e enviadas à clínica através de um dispositivo móvel, como pôde ser visto na Figura 2 em PDA1. Uma camada de comunicação proveu o repasse das informações ao médico remoto e a clínica, como pôde ser observado na Figura 2 em *remote clinician* e *clinic server* respectivamente.

O estudo apontou a importância da análise de tendência ao monitoramento do progresso do paciente ao longo do tempo e assim determinar a situação do paciente. Assim, pôde dar alertas antecipados de possíveis complicações que poderiam se desenvolver. Um questionário com pontuação de codificação discreta em cores para cada parâmetro teve ainda a finalidade de compor a análise global do estado de saúde do paciente.

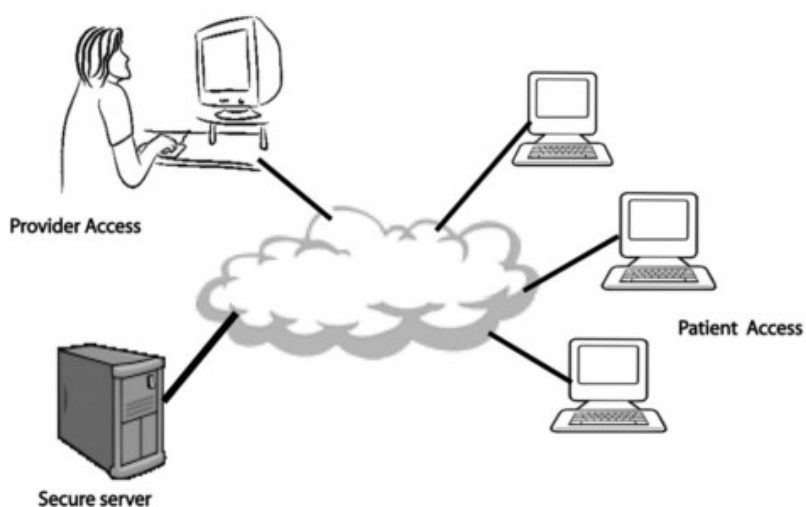
O processamento e a análise da situação foram realizados na clínica onde as informações adquiridas pelos sensores foram sinalizadas em cores

variando de verde para vermelho, de bom para o mal, em vez de permitir que o usuário digite valores arbitrários. As respostas foram limitadas a determinados valores ou intervalos e correlacionadas, a fim de definir em qual situação o paciente estaria envolvido.

### 3.2 Managing Heart Failure Care Using an Internet-Based Telemedicine System

Kashem et al. (2008) em seu artigo, “*Managing Heart Failure Care Using an Internet-Based Telemedicina System*” publicado no periódico internacional de insuficiência cardíaca, descreve um modelo aplicado a telemedicina que utilizou informações de peso, pressão e batimentos cardíacos para encontrar possíveis situações de risco a pacientes. A arquitetura pode ser vista na Figura 3.

Figura 3: Esquema da arquitetura



Fonte: Kashem et al. 2008, p.122.

Conforme pôde ser visto na Figura 3, a arquitetura é bastante simples e utiliza a base de um servidor WEB. O processamento é realizado em um servidor e o estado clínico do paciente é definido utilizando medições que os pacientes informam manualmente (Figura 03 em *Pacient*).

O sistema proposto está dividido em três partes: pacientes, provedores

de domínios e servidor e permite aos pacientes enviar dados diretamente ao banco de dados e receber os diagnósticos fornecidos por um médico, Figura 3 em *Provider Access*.

Embora o trabalho destaque a relevância da situação de saúde do paciente, o modelo descreve a qualificação da situação através da análise das medições relacionadas a perguntas feitas ao paciente durante o telefonema realizado pela enfermeira.

O processamento e a análise da situação são realizados pelo médico que recebe as informações do sistema web. Uma análise é feita baseada nas observações do médico, e a situação é determinada com base nas informações enviadas ao sistema pelo paciente. Pode-se observar um processo dependente do profissional, que não recebe nenhuma pré-análise das informações, ordenando a relevância da situação.

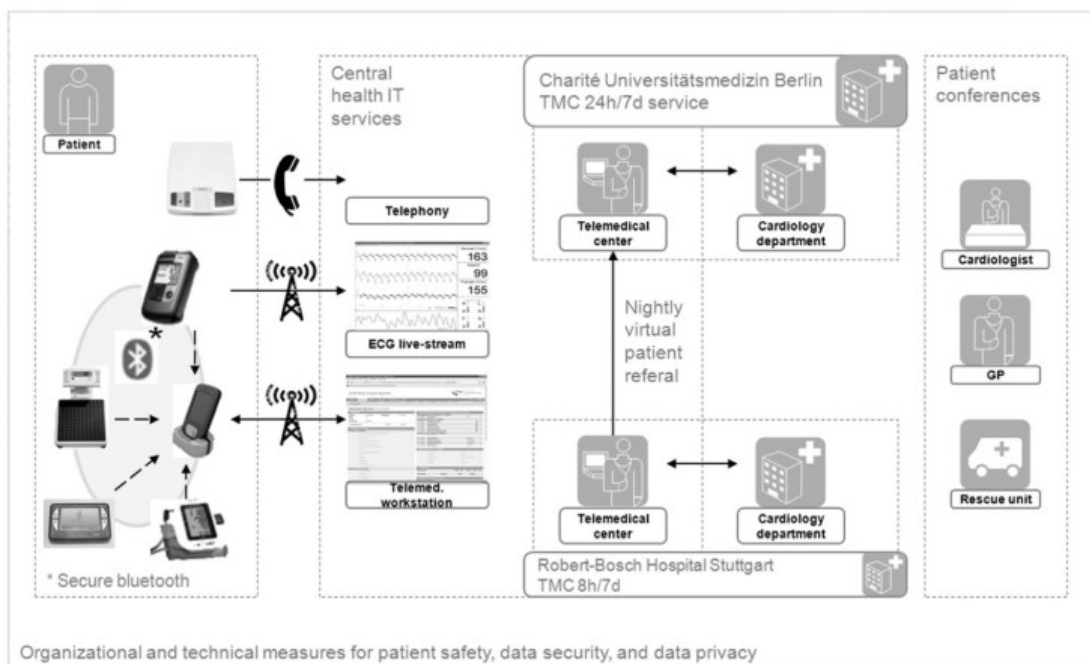
### **3.3. A new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology — Feasibility study Sebastian**

O artigo “*A new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology — Feasibility study Sebastian*” de Winkler et al. (2011), descreve um modelo para adquirir sinais fisiológicos de pacientes através de equipamentos médicos portáteis de eletrocardiograma, pressão arterial, peso corporal e medidas de autoavaliação, que são processadas em um servidor remoto de acordo com a Figura 4.

As medidas são classificadas individualmente com a utilização de código de cores. Ao serem recebidas, geram eventos de acordo com as regras de priorização médica para iniciar um processo de revisão guiado por fluxo de trabalho no sistema e uma avaliação mais aprofundada por parte dos profissionais médicos.

O modelo permite a alteração da ordem de visualização dos dados processados no *Telemedical Center*, visto na Figura 4, de acordo com seu nível crítico e ainda a interação do paciente, o qual realiza sua autoavaliação utilizando uma escala de um código de cores.

Figura 4: Arquitetura do modelo



Fonte: Winkler et al. 2011, p.56.

Foi utilizado um sistema WEB com o prontuário eletrônico do paciente para informar as classificações. O trabalho demonstrou a necessidade de uma intervenção eficiente na detecção precoce de deterioração da saúde dos pacientes.

O processamento e a análise da situação são realizados baseados nas medições isoladamente e nas regras de prioridade determinadas pelo médico e acionadas por eventos de acordo com as medições. A classificação da prioridade determina a urgência nos cuidados. Entretanto, contextos avaliados isoladamente podem gerar imprecisão no processo de determinação da situação.

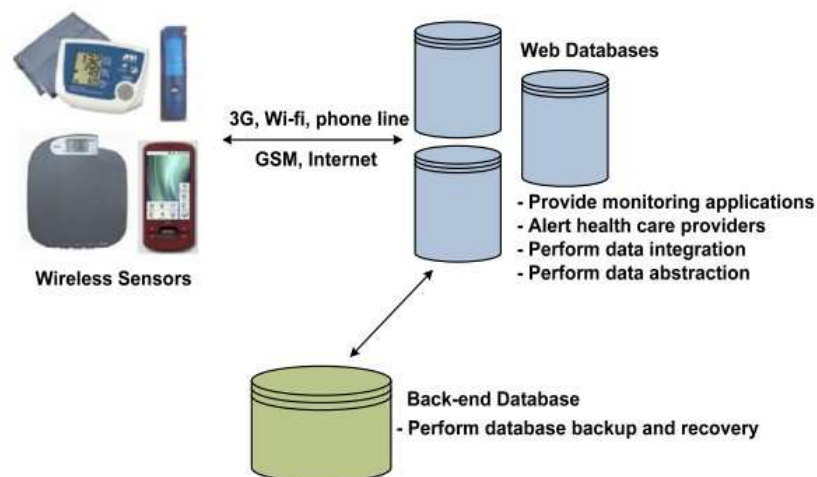
### 3.4 A Remote Patient Monitoring System for Congestive Heart Failure

Suh et al. (2011) em seu artigo “*A remote patient monitoring system for congestive heart failure*” publicado na revista de sistemas médicos descreveu um modelo para realizar o monitoramento de sinais vitais de

pacientes com IC. As medidas de peso, atividade física, pressão arterial e frequência cardíaca são adquiridas por equipamentos médicos e sensores. A arquitetura foi construída em três camadas. A primeira recebe as medidas relacionadas com a saúde dos pacientes e as transmite. A segunda recebe os dados para análise de regressão linear, verifica a ausência de alguma delas e a sua integridade. E a terceira armazena os dados para consultas posteriores. O sistema destaca o controle do peso com a qualidade de vida do paciente e a fatores de risco altamente relevantes. Abaixo segue a Figura 6 que descreve a arquitetura do modelo proposto.

O sistema chamado de WANDA teve quatro objetivos: 1) Melhorar a capacidade de um médico para monitorar o progresso diário de um paciente; 2) Fornecer uma solução de monitoramento onipresente que se integre facilmente ao estilo de vida dos pacientes; 3) Melhorar a capacidade de um médico para tomar decisões; 4) Fornecer uma plataforma de monitoramento móvel e modular personalizável para atender às necessidades específicas dos pacientes.

Figura 5: Arquitetura proposta



Fonte: Suh et al., 2011, p.1168.

O processamento da análise da situação é realizado pelo médico baseado nas medições isoladamente, as quais são enviadas por um sistema móvel no *smartphone* do paciente. As informações são avaliadas pelo médico, que posteriormente determina a situação. E isso implica uma forte

demanda de análise do médico cardiologista, pois não realiza análises anteriores a fim de classificar o risco.

### **3.5 Telecardiology through ubiquitous Internet services**

Costa et al. (2012) descreve em seu artigo *“Telecardiology through ubiquitous Internet services”* publicado na revista internacional de informática médica um modelo para utilizar uma caixa de correio eletrônica comum e os seus protocolos para apoiar o núcleo do sistema de informação de telemedicina.

Em seu modelo (Figura 6), os autores descrevem dois métodos principais de telemedicina. O primeiro em tempo real, onde os participantes podem enviar e receber informações quase que instantaneamente. O segundo, armazenamento e encaminhamento, onde os dados são adquiridos e armazenados em uma localização física. Um módulo cliente se comunica através da internet com o médico.

A abordagem deste trabalho é baseada na ideia de computação em nuvem. O modelo proposto utiliza a conta de email para carregar exames ao hospital e retornar relatórios às partes interessadas.

O armazenamento da caixa de correio é usado como banco de dados e plataforma de repositório de objetos. Utilizando sinalizadores nas mensagens foi possível definir regras para priorizar serviços de análise de exames de acordo com a prioridade.

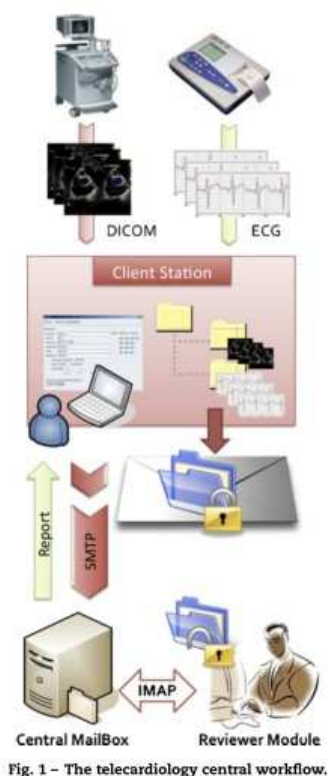
A transmissão remotamente dos exames para o médico cardiologista viabiliza questões de atendimento e prestação de esclarecimento quanto ao diagnóstico médico.

Contudo, não foi identificada a análise antecipada dos sinais fisiológicos, a qual pode prevenir a readmissão hospitalar. Nesse caso, o trabalho se aplica ao reconhecimento da doença para pacientes que ainda não possuem diagnósticos precisos.

O processamento e a análise da situação são realizados de forma assíncrona e não permite uma intervenção imediata. Os dados são enviados

para o médico, que realiza a análise da situação baseado nas informações recebidas no email. O modelo demanda análise sem estabelecer algum tipo de classificação, a qual poderia ordenar a prioridade de acordo com a situação.

Figura 6: Arquitetura proposta



Fonte: Costa et al., 2012, p.1168.

### 3.6 Análise Comparativa

O monitoramento de sinais vitais em pacientes com insuficiência cardíaca através do uso de sensores e da associação das medições às perguntas, ou mesmo analisando o conjunto de informações para definir a situação do paciente foram características encontradas na maioria dos trabalhos relacionados a este estudo. Ambos apresentaram em suas arquiteturas uma camada de sensores para coletar as medições de



processamento a fim de realizar análises, e outra camada de armazenamento para guardar os dados para análises posteriores.

Uma análise comparativa pode ser vista na Tabela 1 e algumas características dos trabalhos foram descritas. São elas: 1) o protocolo de comunicação, a forma de armazenamento e o padrão de arquivos descrevem a estrutura utilizada pelos autores; 2) a integração com sensores, o uso de dispositivos médicos e móveis e a necessidade de conexão com a internet permitem reconhecer as redes e os dispositivos médicos utilizados em cada proposta, além de entender como funciona o repasse e a dinâmica das informações fisiológicas do paciente; 3) o armazenamento de histórico e a mobilidade demonstram como foram disponibilizadas as informações armazenadas e o contexto descreve quais os sinais fisiológicos foram utilizados; 4) a ciência de contexto e a sinalização de possíveis riscos permitem entender como os contextos foram logicamente agregados e como eles determinaram o risco; 5) a definição ubíqua permitiu reconhecer como foram aplicadas as suas características; 6) e, finalmente, o uso da ciência de situação descreveu onde foi aplicado o conceito.

Kashem (2008) não utilizou *smartphone* na camada de sensores para a transmissão das medições em sua proposta, pois a mesma foi aplicada a pacientes com pouca intimidade com tecnologias de celulares. As medições foram informadas através de um sistema WEB. Costa (2012) utiliza a plataforma de um servidor de email para transmissão.

Na camada de processamento as medições são classificadas em códigos de cores ou em análise de gráficos, que associados às perguntas realizadas ao paciente, indicaram a degradação do sinal fisiológico de mal para bom. O artigo de Winkler (2011) utilizou em seu modelo um conjunto de regras de prioridade para alteração da ordem de visualização dos dados processados levando em consideração o nível da saúde do paciente.

As medições recebidas geravam eventos de acordo com as regras de priorização elaboradas pelo médico, que poderia ser um alerta ao paciente ou cuidador ou mesmo um acionamento ao profissional da saúde.

Suh (2011) realiza uma análise de regressão linear, verifica ainda a ausência de alguma informação necessária e sua integridade, a fim de definir a saúde do paciente.

Na camada de armazenamento as informações coletadas foram armazenadas em banco de dados locais e/ou remotos e serviram para uma avaliação técnica do médico. Suh et al. (2011) e Winkler et al. (2011) armazenaram cópias das medições nos *smartphones* para o caso de haver algum problema de transmissão dos dados para a clínica.

Os protocolos de comunicação descritos na Tabela 1 mostram que a maioria dos trabalhos utiliza o protocolo HTTP, demonstrando assim uma base do sistema sendo utilizado na Internet. E sua forma de armazenamento basicamente utilizaram bases de dados local e remoto.

Os padrões de arquivos mais utilizados foram texto e DICOM para armazenamento e transmissão de arquivos através da rede. De acordo com item integração com sensores, alguns trabalhos utilizaram uma rede Bluetooth para integrar os sensores com os equipamentos transmissores das informações.

Vários dispositivos médicos foram relacionados, os quais foram utilizados para captar os sinais vitais dos pacientes, que tiveram seus históricos armazenados.

Foram também utilizados dispositivos como *smartphones* na maioria dos trabalhos para dar mobilidade às aplicações onde os sistemas apresentaram acesso a bases remotas e a sistemas na Web. É possível observar abaixo no item *necessidade de conexão com a Internet* (Tabela 1), que vários estudos apresentaram a necessidade de uma conexão constante.

As informações adquiridas pelos sensores, descritas em ciência de contextos utilizados, são informações relevantes para definir o estado de saúde do paciente. Os modelos propostos, a partir de suas características ubíquas, podem realizar ações baseadas na sinalização de possíveis riscos.

As combinações dos contextos baseadas em suas características de estado definem a situação de saúde do paciente de forma mais satisfatória. A arquitetura base é o uso de servidores web com banco de dados, que armazenam remotamente as informações de contexto do paciente.

Foram utilizadas também aplicações móveis, que transmitem as medidas coletadas pelos sensores. Algumas lacunas foram observadas durante a pesquisa e são descritas na próxima seção.

Tabela 1: Comparação de características de trabalhos relacionados.

Características	Monitoring Heart	Managing Heart	A new telemonitoring	A Remote Patient Monitoring	Ubiquitous Internet services
Protocolos de comunicação	HTTP	HTTP	HTTP	HTTP	Pop3/smtpt
armazenamento Banco de dados	local/planilha	Local	Local/remoto	Local/remoto	Nuvem / Local
Padrão de Arquivos	Texto/CSV/DICOM	Texto	Texto	XML, texto	DICOM
Integração com sensores	Bluetooth	Não houve	Bluetooth	Bluetooth	USB / FTP
Uso de dispositivos médicos	medidor de glicose ,esfigmomanômetro	Esfigmomanômetro	Esfigmomanômetro , sensores e balança	Esfigmomanômetro	ECG
Uso de dispositivos móvel	PDA, Smartphone	Não	PDA, Smartphone	Smartphone	Não
Necessidade conexão internet	Online / Offline	Online	Online	Online / Offline	Online / Offline
Armazenamento de Histórico	Medições dos sensores	Medições de equipamentos médicos	Prontuário eletrônico	Medições de equipamentos médicos	Relatórios de ECG
Mobilidade	Base remota	Aplicações WEB	Aplicações WEB	Base remota	Aplicações WEB
Contextos Utilizados	Glicose, pressão arterial, temperatura, respiração	Peso, pressão arterial e frequência cardíaca	Peso, pressão, eletrocardiograma e oxigênio	Peso, pressão arterial, frequência cardíaca e atividade	Eletrocardiograma, ecocardiografia
Ciência de Contexto	Códigos de cores atribuídas as medições e a perguntas	Códigos de cores atribuídas as medições e a perguntas	Códigos de cores atribuídas as medições e a perguntas	Escalas de valores e cores	Curva do ECG sinaliza estado
Identificação / Sinalização de possíveis Risco	Medição com Código de cor vermelha sinaliza risco	Gráfico negativo aciona profissional	Medição com Código de cor vermelha sinaliza risco	Medição com Código de cor vermelha sinaliza risco	Curva do ECG sinaliza estado degradado
Características Ubíquas	Ações realizadas a partir da sinalização do risco	Não identificada	Ações realizadas a partir da sinalização do risco.	Profissionais acionados a partir da sinalização de risco.	ECG com sinal mensagem de email
Uso de ciência de situação da saúde	Não identificada	Não identificada	Não identificada	Não identificada	Não identificada

Fonte: próprio autor.

### 3.7 Oportunidades de trabalho

De uma forma geral os modelos estudados demonstraram que o processamento e a análise da situação foram realizados pelo médico cardiologista e de forma assíncrona.

Uma sobrecarga de análise é enviada ao cardiologista sem uma análise prévia ou mesmo uma classificação de potencial de risco de saúde que é destacada por Wilkler et al. (2011).

As medições foram relacionadas com questionamentos realizadas pelo profissional e também a códigos de cores informados no sistema, ou seja, a simples coleta dos sensores não foram suficientes para definir que grau de risco da saúde do paciente.

Contextos são analisados individualmente e sem monitoramento de evolução. A análise da situação aplicada dessa forma pode inviabilizar uma intervenção rápida a fim de evitar a degradação dos sinais fisiológicos do paciente. Ainda podem ser gerados muitos falsos positivos em função da análise ser realizada baseada em contextos isolados.

Durante o estudo dos trabalhos relacionados foram observadas algumas lacunas de pesquisa, tais como: (i) a importância da necessidade do monitoramento do progresso da degradação dos sinais vitais do paciente ao longo do tempo; (ii) a necessidade de analisar a ordem de classificação das medições a fim de determinar o grau de investigação do médico; (iii) classificar as medições de acordo com o grau de risco ao paciente.

Considerando as lacunas de pesquisa apresentadas, este trabalho apresenta como principal contribuição científica a possibilidade de reconhecer informações que possam identificar possíveis degradações fisiológicas e combiná-las, a fim de caracterizar uma situação de risco cardíaco ao paciente, avaliando a evolução da degradação dos sinais fisiológicos e representando um auxílio nos cuidados médicos para prevenir a readmissão hospitalar.

Até o presente momento, não foram encontrados trabalhos que utilizam a ciência da situação aplicada ao monitoramento de sinais vitais de pacientes com insuficiência cardíaca.

O modelo proposto neste estudo realiza a percepção de contextos de um ambiente em um determinado intervalo de tempo, em seguida os interpreta por meio de combinação a fim de inferir regras de prioridades médicas.

As regras permitem classificar o risco e, por fim, realiza a projeção futura da situação de risco de saúde do paciente utilizando o histórico de ocorrências anteriores.



## 4. MODELO PROPOSTO

Este capítulo está dividido em seções, as quais descrevem o modelo proposto. Na seção 4.1 serão descritas as premissas e a arquitetura. Nele detalharemos os componentes da arquitetura proposta.

Em seguida, na seção 4.2 será apresentado o modelo UbHeart, detalhando seu funcionamento, módulos e funções.

### 4.1 Arquitetura

A arquitetura do modelo UbHeart parte de três premissas básicas da computação ubíqua (WEISER, 1991; COSTA, 2008):

- Acesso a computação em qualquer momento e em qualquer lugar, garantindo a medição dos sinais vitais todo o tempo;
- Integração das necessidades das pessoas aos sistemas de forma confortável;
- Capacidade de adaptar-se ao contexto do ambiente.

O modelo deve seguir as características indicadas nos itens abaixo:

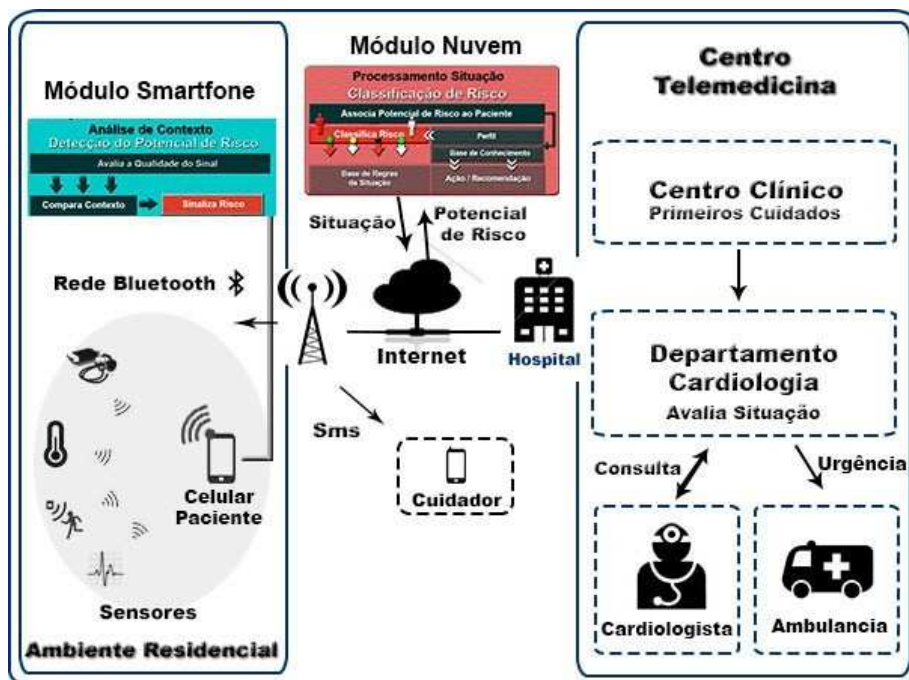
- Ser capaz de sugerir indicações de primeiros cuidados ao paciente com saúde crítica;
- Empregar uma ontologia, a fim de classificar ou inferir regras de prioridade;
- Permitir a medição a todo o tempo e em qualquer lugar;
- Interagir com o paciente, cuidador e/ou profissionais da saúde;
- Seguir as diretrizes nacionais e internacionais de medicina do coração.

O modelo proposto permite o monitoramento de sinais vitais utilizando sensores em área corporal interligado a uma rede Bluetooth, a qual permite a aquisição dos sinais fisiológicos de forma mais cômoda ao paciente em ambiente residencial, como pode ser visto no módulo do paciente na Figura

7.

O perfil do paciente é informado ao sistema pelo smartphone do paciente, que através dos sensores adquire os sinais fisiológicos e monta um histórico de saúde, o qual é enviado ao hospital através da Internet. Computação em nuvem (do Inglês: Cloud Computing) é definido pelo NIST, National Institute of Standards and Technology, como uma rede ubíqua com recursos computacionais compartilhados sob demanda (MELL, 2011). A base de informações enviadas pelo smartphone a um serviço que por meio de uma nuvem permite ao sistema analisar a situação de saúde baseada na evolução da degradação dos sinais vitais. Também é possível se basear em uma classificação de risco realizada, relacionando o perfil do paciente com os contextos adquiridos. O histórico de saúde enviado a um hospital permite que os médicos responsáveis pelo paciente saibam como está a sua saúde em um curto espaço de tempo, garantindo-lhe uma assistência rápida e assim prevenindo readmissões.

Figura 7: Arquitetura Geral proposta para o Monitoramento Cardíaco



Fonte: próprio autor.

O hospital realiza os primeiros cuidados por meio do centro clínico, o qual informa ao paciente a necessidade de uma assistência especializada ou



agenda uma consulta com o cardiologista, e também envia uma ambulância ao local, se necessário.

Alterações de saúde são informadas ao cuidador pelo celular, por meio de uma mensagem. O paciente recebe várias recomendações de como proceder para melhorar seus índices de saúde ou como agir para evitar uma piora de seu estado de saúde mediante uma necessidade imediata através de um sistema de recomendações de saúde.

É possível observar que a arquitetura propõe diversos recursos, a fim de não permitir que o paciente fique sem cuidados médicos e que seus sinais fisiológicos não cheguem a níveis degradantes, como pôde ser visto na Figura 7.

## 4.2 Modelo UbHeart

A Figura 8 apresenta uma visão macro do modelo UbHeart. Os sinais fisiológicos e o status do paciente são adquiridos pelo sistema (seta 1 na Figura 8).

O componente Processamento de Situação reúne módulos responsáveis pela classificação do risco, regras e ações do sistema, definição da situação de saúde, e são processados por serviço em uma nuvem computacional. Este recebe os contextos a partir de uma análise realizada pelo módulo de detecção de potencial de risco no smartphone do paciente. O serviço que executa no smartphone do paciente será detalhado posteriormente na Figura 9.

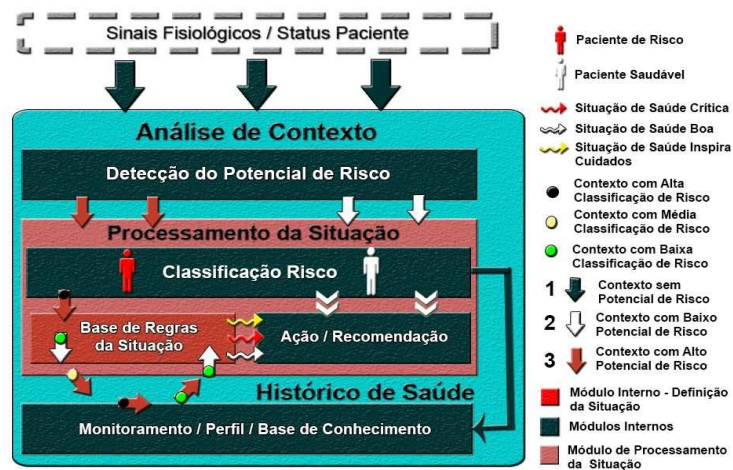
Esse serviço é responsável pela detecção do potencial de risco do paciente. Nele, o modelo sinaliza o potencial de risco com base nas informações de contexto e nas normas da Sociedade Brasileira de Cardiologia<sup>1</sup> (SBC).

Os sinais fisiológicos e o status do paciente são adquiridos pelo sistema, como demonstrado pelas setas 1 na Figura 8. Os módulos internos do sistema são identificados usando os retângulos.

---

<sup>1</sup><http://publicacoes.cardiol.br/2014/diretrizes.asp>

Figura 8: Modelo UbHeart



Fonte: Próprio autor.

O

retângulo maior em rosa (Processamento de Situação) reúne módulos internos os quais são responsáveis pela classificação do risco, regras e ações do sistema. Este componente é executado em uma nuvem computacional e recebe os contextos a partir de uma análise realizada pelo módulo de detecção de potencial de risco no smartphone do paciente.

O processamento de situação é iniciado através do módulo de classificação de risco, responsável por analisar se o contexto, identificado com potencial de risco pelo módulo anterior, representa um risco iminente à saúde do paciente.

Para realizar a função determinante no sistema, o módulo realiza consulta de histórico de saúde ao módulo de base de conhecimento, a fim de encontrar uma ocorrência idêntica àquela recebida anteriormente.

Dois fluxos são possíveis, são eles: 1. Caso seja encontrada uma ocorrência idêntica, o sistema classifica o risco e solicita a ação pertinente ao caso; 2. Caso não, o sistema classifica o risco de acordo com as cores dos círculos. Preto, amarelo e verde representam risco alto, médio e baixo respectivamente. Em seguida encaminha o contexto ao módulo de base de regras da situação. A forma como é determinada a classificação do risco será descrita na subseção 4.2.2.

O módulo base de regras da situação é responsável por definir a situação em que se encontra o paciente e é baseada nas regras de degradação do contexto, monitoramento e determinação da situação.

Cada regra possui suas atividades específicas, as quais ao final da execução podem chamar a próxima regra. Um melhor detalhamento do funcionamento das regras e suas respectivas atividades serão descritos na subseção 4.2.3. Uma função bastante relevante realizada neste módulo é o monitoramento da evolução da degradação dos sinais fisiológicos do paciente, assim como a modelagem da base de conhecimento, a qual será consultada posteriormente pelo módulo de classificação de risco.

#### **4.2.1 Componente de Detecção do Potencial de Risco**

O modelo do serviço executado no smartphone do paciente é apresentado na Figura 9. Os sinais fisiológicos e o status do paciente são adquiridos pelo sistema (seta 1 na Figura 9).

O componente Processamento de Situação reúne módulos responsáveis pela classificação do risco, regras e ações do sistema definição da situação de saúde e são processados por serviço em uma nuvem computacional. Este recebe os contextos a partir de uma análise realizada pelo módulo de detecção de potencial de risco no smartphone do paciente. Nele, o modelo sinaliza o potencial de risco com base nas informações de contexto e nas normas da SBC.

Os contextos são adquiridos com base nos sinais fisiológicos do paciente conforme seta 1 da Figura 9.

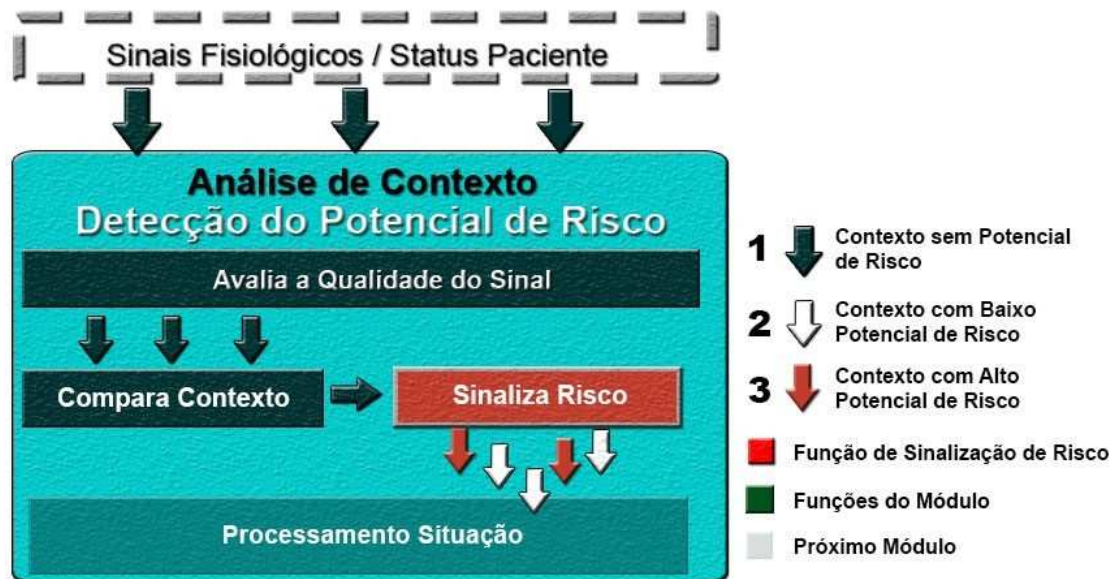
A função avalia a qualidade do sinal, verifica se a detecção do sinal fisiológico foi realizada com sucesso ou se apresenta alguma anormalidade.

Um intervalo de valores é estabelecido para cada equipamento médico, o qual é responsável pela medição.

Uma vez realizada essa etapa o contexto é enviado à função compara contexto, que é responsável por realizar um comparativo de cada valor de contexto com os estabelecidos pelas normas Brasileiras de telecardiologia.

Cada contexto é comparado individualmente, e, em seguida, a função de sinaliza risco é ativada, conforme pode ser observado no retângulo em vermelho (Sinaliza Risco) da Figura 9.

Figura 9: Serviço de Detecção de Potenciais Riscos do UbHeart no smartphone



Fonte: Próprio autor.

Caso o contexto tenha valor fora do intervalo estabelecido pelos padrões da cardiologia, ele é sinalizado com um potencial de risco de acordo com as cores das setas, sendo branco para baixo potencial e vermelho para alto.

Cabe observar que a identificação do potencial não determina o risco, mas é extremamente importante para determinar a classificação do risco e posteriormente a situação, além de contribuir para modelar o conhecimento.

Este módulo se baseia na análise de contexto da computação ubíqua e, por tanto, não correlaciona os contextos, e sim os identifica individualmente passando para o módulo posterior.

#### 4.2.2 Classificação de Risco do Paciente

A classificação de risco dos pacientes realizada pelo modelo UbHeart é resumida na Figura 10.

De acordo com os círculos na figura, a classificação do risco é realizada em três níveis: preto, amarelo e verde, representando respectivamente alto, médio e baixo risco.

Cada cor especificamente tem sua representação dependendo do módulo em questão. Em seguida, envia os contextos para o módulo base de regras da situação. O módulo realiza ações baseadas em diversas associações de contextos.

As informações dos sinais fisiológicos identificados com potenciais de riscos são associadas aos contextos do perfil do paciente e a partir dos cálculos realizados, e dos padrões determinados pela SBC, classifica o risco que o paciente pode estar envolvido.

De acordo com as setas em vermelho e branco (Figura 10), os contextos com o potencial de risco identificado são recebidos do módulo anterior.

A função associa potencial de risco ao paciente realiza a consulta à base de conhecimento conforme pode ser visto na curva em vermelho (Figura 10). Duas análises são possíveis, são elas: 1. o modelo compara os contextos com o potencial de risco e o perfil do paciente com a base de conhecimento.

Figura 10: Classificação de Riscos do UbHeart através da Ciência de Situação



Fonte: Próprio autor.

Caso seja encontrada uma situação idêntica, o sistema aciona o módulo de Ação/Recomendação sinalizado com duas setas para baixo. O

detalhamento das ações será discutido posteriormente na seção 4.2.3; e 2) caso não seja encontrado, o modelo aciona a função classifica risco, que é responsável por classificar o risco, associando o contexto do potencial de risco ao perfil do paciente com cor vermelha para paciente de risco e branco para saudável.

Em seguida, envia os contextos para o módulo base de regras da situação. O módulo de regras de situação implementa o conceito de ciência de situação e realiza ações baseadas em diversas partes de contextos relacionadas e agrupadas logicamente.

### **4.2.3 Regras de Situação e Ações**

O funcionamento da base de regras da situação para o processamento da situação é apresentado na Figura 11.

A ontologia desenvolvida no módulo de base de regra de situação propõe a definição de três regras, as quais determinam as atividades e fluxos, são elas:

- (i) Degradação - responsável por definir um nível padrão de degradação para os sinais fisiológicos encontrados, agrupando-os logicamente de acordo com as normas da SBC. Executar as atividades de selecionar o perfil do paciente e verificar o nível de degradação. Tem como retorno o nível padrão de degradação encontrado;
- (ii) Monitoramento – Iniciado por um evento da regra de degradação, é responsável por monitorar a evolução dos sinais vitais em relação ao nível padrão de degradação estabelecido pela regra de degradação. Executar as atividades de monitorar a evolução da degradação e monitorar contextos relacionados de acordo com o informado pelo paciente. Esta atividade pode permitir que o monitoramento seja realizado por mais algum tempo. O retorno desta regra são os índices de degradação ou melhoras obtidas a partir da comparação dos níveis encontrados durante o monitoramento com o nível padrão estabelecido na regra de degradação;

Figura 11: Módulo de base de regras e ação



Fonte: Próprio autor.

- (iii) Determinação da situação - esta regra determina em qual situação se encontra o paciente, índices encontrados pela regra de monitoramento durante a observação em um intervalo de tempo são utilizados para determinar a evolução ou piora da situação de saúde do paciente. O retorno desta regra são taxas percentuais de comprometimento do paciente com a situação de saúde calculada a partir dos índices de degradação retornados da regra de monitoramento. As taxas encontradas determinam o acionamento das regras da ação e a modelagem da base de conhecimento, a qual sofre inferência com informações das relações entre os sinais vitais que determinarão o nível padrão de degradação com o seu índice e taxa de comprometimento com a situação. Permitindo ao sistema inferir a possibilidade da evolução ou degradação dos sinais fisiológicos baseados no cenário de saúde encontrado.

Os resultados podem convergir para uma situação que, embora seja identificada com potencial e classificação de risco baixo, pode representar situações de risco iminente dependendo da localização e do contexto do perfil do paciente e vice-versa.

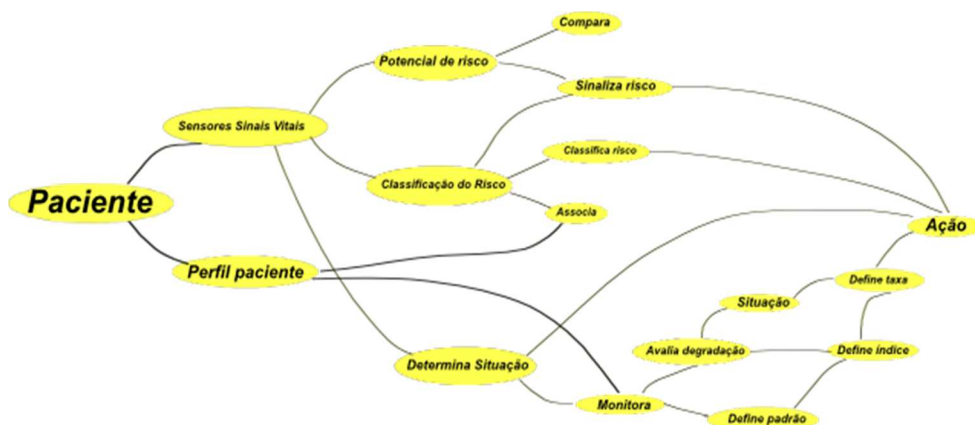
As regras da ação são acionadas de acordo com a taxa de comprometimento da situação, são elas: (i) Nenhuma ação, caso não tenha histórico para a regra, ou mesmo a situação não seja de risco; (ii) Recomendar, situação com taxa de comprometimento baixa, aciona a regra que emite informações de orientações para o smartphone do paciente; (iii)

Acionar cuidador, situações com taxa de comprometimento médias e altas, as quais são reportadas ao cuidador do paciente e, por fim, ao centro de telemedicina.

#### 4.2.4 Ontologia desenvolvida

No modelo UbHeart, a ontologia cobre o domínio da saúde ubíqua, sendo utilizada para inferir situação de saúde baseada no perfil e nos contextos do paciente.

Figura 12: Ontologia e relações



Fonte: Próprio autor.

A ontologia, apresentada na Figura 12, provê respostas às questões quanto ao grau de comprometimento do paciente diante de uma determinada situação de saúde, análise do potencial e classificação do risco e a determinação de fluxos na execução de regras de situação.

Esta Ontologia foi desenvolvida utilizando a metodologia de Noy e McGuinness (2001), que sugere uma sequência de passos para o desenvolvimento de uma nova ontologia.

A ontologia proposta na Figura 12 foi criada para descrever os conceitos e relacionamentos entre eles. O modelo UbHeart utiliza os conceitos ligados a cardiologia e ao cenário médico, a fim de que seja possível o seu desenvolvimento.

O perfil do paciente e sensores dos sinais vitais representam as informações do paciente, que são necessárias para o fluxo do modelo. As



análises de potencial, classificação de risco e determinação da situação são relacionadas com as peculiaridades de cada conceito e se relacionam com os demais alternando as relações, de forma a sinalizar uma situação de risco em qualquer ponto do modelo.

A ontologia desenvolvida neste estudo propõe três classes de definição de risco. A primeira, chamada potencial de risco, a qual é sinalizada através do módulo no smartphone e apresenta uma característica menos relevante ao paciente, todavia representa uma lógica diferente durante o fluxo da segunda ontologia, definida como classificação de risco. A partir dela o paciente é sinalizado com características de situação de risco, embora não tenha terminado o fluxo até o módulo de regras de situação.

A lógica realizada dentro do módulo de classificação de risco tem conformidade com as normas estabelecidas pela SBC. Pacientes sinalizados com baixo potencial de risco têm o perfil de saúde associado às medições, as quais são comparadas às normas da SBC e são sinalizados com sua respectiva classificação de risco.

E a terceira delas, chamada de situação de risco, a qual é definida de duas formas: na primeira, o sistema utiliza a base de conhecimento para definir a situação, e na segunda, caso não exista registro na base, a situação é definida a partir das regras de situação.



## 5. IMPLEMENTAÇÃO

A construção do protótipo envolve a implementação de três módulos: o módulo de análise do potencial de risco, localizado no smartphone do paciente, o módulo de processamento da situação e o módulo de regras de ação e inferência na Base de Conhecimento.

O desenvolvimento foi realizado em duas fases. Na primeira, foi desenvolvido um protótipo para dispositivos móveis, a fim de tornar possível a realização de avaliações representando os contextos, os quais são utilizados como requisitos para análise de situação. Na segunda fase foram desenvolvidos os algoritmos para o processamento de análise de situação, que teve por objetivo representar as funções estabelecidas no modelo permitindo sua avaliação.

### 5.1 Ferramentas utilizadas

Para a implementação do módulo de análise do potencial de risco, foi utilizado o sistema Android com o banco de dados SQL Lite.

Para fins de teste, este módulo foi embarcado em um smartphone Samsung Galaxy S5. E, para o desenvolvimento da ontologia, foi utilizado o protégé.

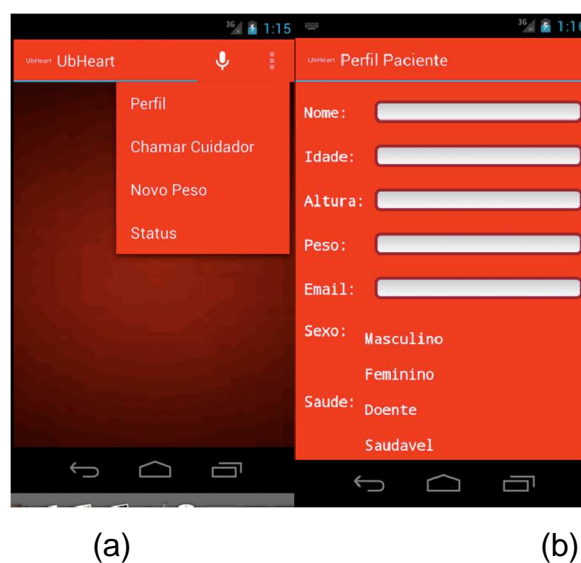
No módulo de processamento de situação, foi simulada uma nuvem computacional utilizando o sistema operacional Gnu/Linux Debian com banco de dados Postgres em uma rede que hospedou os módulos em nuvem do modelo, o qual recebeu as informações de contextos por meio do módulo de análise do potencial de risco através dos sensores.

Neste módulo estão localizadas todas as regras de definição da situação. O módulo de regras de ação e inferência na base conhecimento que determinam o comportamento do sistema foram programadas em Python em função da rápida capacidade da linguagem em lidar com abstrações em camadas de desenvolvimento em alto nível.

## 5.2 Cliente Android

Foram desenvolvidas duas funcionalidades com o objetivo de assistir o paciente em questões de baixo e médio risco à saúde: a primeira direcionada a adquirir informações do perfil do paciente e a segunda direcionada ao envio de mensagens a partir das regras de situação.

Figura 13: Protótipo do UbHeart desenvolvido para Android



Fonte: Próprio autor.

A prototipação do modelo UbHeart é constituída de dois serviços que interoperam: uma aplicação móvel e outra que processa em nuvem.

A Figura 13 apresenta as telas da aplicação cliente. A Figura 13(a) apresenta as opções principais da aplicação: definir o perfil, chamar o cuidador, inserir o peso (dado importante para a identificação de risco que é monitorado manualmente) e status para obter o atual nível de risco.

A Figura 13(b) apresenta a tela de cadastro do perfil do paciente. Nela, é possível inserir informações que definem o perfil do paciente tais como altura, idade, status de saúde, percentual de gordura e sexo, que são necessários para detecção do potencial de risco.

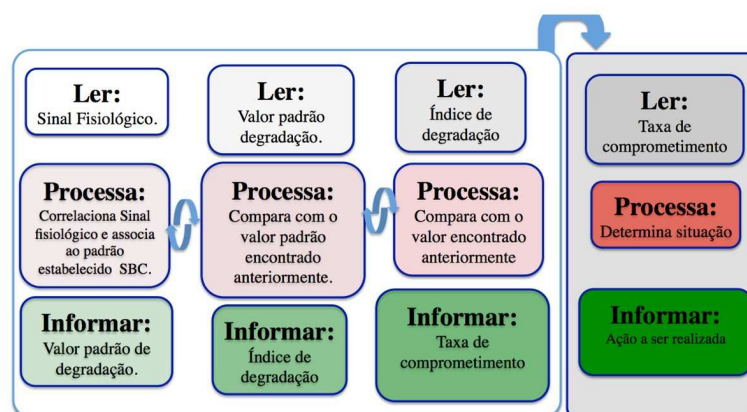
### 5.3 Algoritmo de análise de situação

O desenvolvimento do algoritmo reproduziu o módulo em nuvem que realizou o cálculo do padrão e índice de degradação e taxa de comprometimento, a qual foi emitida pelo sistema de acordo com os sinais fisiológicos recebidos.

A Figura 14 descreve as entradas, processamento e saída do algoritmo, em variações de tonalidades das cores cinza, vermelho e verde respectivamente, de acordo com a proximidade do fim do processamento.

Nesta fase, foram realizados cálculos de padrão e índice de degradação e taxa de comprometimento, os quais consubstanciaram a decisão do algoritmo quanto ao grau de envolvimento do paciente em relação à situação de saúde.

Figura 14: Cálculo do padrão, índice de degradação e taxa de comprometimento.



Fonte: Próprio autor.

Como é possível observar na Figura 14, os processamentos são descritos de acordo com sua saída, em conformidade com a caixa verde:

- ① O primeiro processamento retira a média da diferença dos sinais fisiológicos relacionados ao perfil do paciente com os estabelecidos pela SBC e suas respectivas ponderações, uma vez que cada patologia e perfil cardíaco exige um peso diferenciado para cada sinal fisiológico envolvido na análise. Como exemplo, dois pacientes, um

jovem e um idoso, ao se assustarem podem refletir pressões arteriais iguais, todavia a representação dos sinais fisiológicos durante a análise deve obter pesos diferenciados, uma vez que jovens tendem a se recuperar mais rapidamente. Este processamento lê o sinal fisiológico e informa o valor padrão de degradação;

- (i) A segunda fase lê o valor padrão de degradação e o compara com o anterior. A diferença entre estes valores pode ser igual, menor ou maior que zero. Esta fase informa o índice de degradação, o qual é responsável por identificar a evolução da degradação do sinal fisiológico do paciente. Caso seja maior que zero, significa que está ocorrendo uma deterioração clínica do paciente, se negativo, o paciente está melhorando ao longo do tempo;
- (ii) A terceira fase analisa a uniformidade do índice de degradação em relação às ocorrências. Esta fase informa a taxa de comprometimento do paciente em relação à situação. Ela analisa o índice de degradação, de forma que ele não sofra alterações que inviabilizem sua uniformidade, uma vez que o paciente que está melhorando sensivelmente seu índice deve se apresentar com valores negativos tendendo a zero. Caso seu estado de saúde esteja piorando, deve apresentar valores positivos ou zero, e nunca valores alternados entre negativos e positivos no intervalo durante a análise.

Os Algoritmos 1, 2 e 3 descrevem a implementação realizada para realização dos cálculos, de acordo com a Figura 14.

No Algoritmo 1, foi realizado a média dos padrões de degradação dos batimentos cardíacos e da pressão arterial.

#### Algoritmo 1: Algoritmo de avaliação da degradação

```
def degradation(arr):
    if len(arr):
        return reduce(lambda x, y:(sigmoid(x)-sigmoid(y))*y+x, arr) - mean(arr)

def neighbor(items):
    for key, current in enumerate(items):
        if key < len(items)-1:
            yield current, items[key+1]
```

Fonte: Próprio autor.

O cálculo do padrão e índice de degradação foi realizado de acordo com as funções *sigmoid*, *degradation* e *lambda*.

A *sigmoid* encontra o padrão de degradação de acordo com a diferença lógica entre 0 e 1, a *lambda* deduz a tendência por meio da correlação do sinal fisiológico em relação ao seu anterior. A função *degradation* acumula os padrões encontrados e define o índice de degradação.

### Algoritmo 2: Cálculo de índice de degradação

```
def verificar_indice_degradacao_clinica(paciente, dados):
    global pacientes
    print "Paciente em monitoramento"
    indiceDegradacaoBatimentos, indiceDegradacaoPressao =
    dadosclinicos.indice_degradacao(dados)
    if indiceDegradacaoBatimentos > 2 or indiceDegradacaoPressao > 2:
        print "Sinais de degradação de saúde: indiceDegradacaoBatimentos {},
        indiceDegradacaoPressao {}".format(indiceDegradacaoBatimentos, indiceDegradacaoPressao)
    else:
        print "Sem sinais de degradação"
    pacientes.edit({'monitoramento': 0}, {'id': paciente['id']})
```

Fonte: Próprio autor.

Os dados `indiceDegradacaoBatimentos` e `indiceDegradacaoPressao`, recebem o retorno do método `dadosclinicos.indice_degradacao(dados)` que aciona a função que calcula o índice de degradação descrito no Algoritmo 2.

### Algoritmo 3: Cálculo da taxa de comprometimento

```
def get_data_commitment_rate(items):
    increasing = decreasing = stable = 0
    i = 0
    for x, y in neighbor(items):
        if y > x:
            increasing += 1
        elif x > y:
            decreasing += 1
        else:
            stable += 1
    i += 1
    rate = float(max(increasing, decreasing))/i
    return round(rate*100, 2)
```

Fonte: Próprio autor.

As variáveis *increasing*, *decreasing* e *stable* são iniciadas com 0 e representam as tendências dos dados com relação ao aumento, diminuição e estabilidade dos dados quanto à degradação.

O cálculo da taxa de comprometimento é realizado baseado na tendência dos dados, ou seja, são descontados os valores que não seguem a lógica dos dados. Em seguida, são representadas em termos percentuais.

A taxa de comprometimento foi calculada baseada na média dos sinais fisiológicos e na análise de tendência. Um detalhamento quanto à taxa de comprometimento está descrito na seção 6.



## 6. AVALIAÇÃO E DISCUSSÃO

A avaliação do modelo UbHeart foi dividida em duas subseções. São elas: 6.1, 6.2, 6.3 e 6.4, as quais descrevem as metodologias, avaliação por cenário, sinais fisiológicos e discussões dos resultados. Foi realizada também a avaliação da ciência da situação, além da análise dos resultados obtidos para as avaliações dos algoritmos.

### 6.1. Metodologia Empregada

Foi realizado um grupo de experimentos com base em análise por cenários e simulação de dados com o objetivo de avaliar o modelo UbHeart.

Esse objetivo envolve a avaliação da sinalização do risco de saúde e do comprometimento do paciente em relação à situação de saúde. Além disso, é importante avaliar a relevância do contexto baseado em seu valor absoluto e a correlação com os valores obtidos anteriormente e posteriormente.

A comunidade científica tem empregado cenários para avaliação de aplicações ubíquas e sistemas cientes de contexto (SATYANARAYANAN 2011; SOUZA 2014). Partindo dessa estratégia, definiu-se um cenário para avaliações do modelo apresentado. A seção 6.2 descreve o cenário utilizado para avaliar as funcionalidades do sistema.

A segunda avaliação consistiu em verificar o funcionamento do modelo durante a análise dos contextos e da ciência de situação a partir de um conjunto de sinais fisiológicos, descritos na seção 6.3 e 6.4 respectivamente.

Foi elaborada uma base de dados com a intenção de simular batimentos do coração e pressão arterial em conformidade com os intervalos de medição estabelecidos pela SBC.

A metodologia de simulação por meio de uma base de dados e desenvolvimento de algoritmos ubíquos é utilizada pela comunidade científica para aplicações de saúde do coração, as quais realizam análise de contexto e têm apresentado resultados satisfatórios (SARKAR 2011; BARBOSA 2001; LANDOLINA 2012).

## 6.2. Avaliação por Cenários

O cenário demonstra a reação do modelo UbHeart durante a coleta das informações adquiridas por sensores em um monitoramento de sinais vitais de um paciente com complicações cardíacas. O cenário usado foi:

“Os irmãos Lara e Mário resolvem levar sua mãe Andira, de 70 anos, ao shopping center perto de sua casa e por este motivo resolvem ir a pé. Mário e sua mãe são hipertensos e resolveram recentemente usar o sistema UbHeart para monitoramento de sua saúde. Na ocasião, Lara foi cadastrada como cuidadora de ambos. Depois de alguns minutos passeando, Lara recebe uma ligação que a informa sobre um compromisso o qual havia esquecido e apressadamente resolve regressar com sua mãe e seu irmão para casa. No retorno, Lara recebe uma notificação do UbHeart em seu smartphone indicando alerta nos sinais vitais de Mário e Andira. Lara, ao receber a mensagem, resolve baixar o ritmo e perder o compromisso, em virtude da saúde de sua mãe e irmão. Logo em seguida, recebe novamente outra notificação informando que a situação de saúde para ambos já melhorou e também orientação para encaminhar ambos para consulta médica.”

Para avaliação do cenário, foi definido um protótipo baseado em Android que interage com um serviço em nuvem desenvolvido em Python. Os módulos de monitoramento de sinais vitais e de processamento de situação utilizados recebem os sinais vitais por uma rede Bluetooth.

Para utilizar o UbHeart, é necessário cadastrar algumas informações que fazem parte do perfil do paciente. Andira e Mário informaram o seu peso, idade, patologia e as informações de seu perfil. Durante o passeio, foram monitorados sinais de pressão arterial (PA) diastólica e sistólica e batimento cardíaco, mas nenhuma ocorrência foi sinalizada, uma vez que tanto Mário como Andira haviam tomado o remédio para hipertensão. O mesmo não ocorre quando Lara resolve apressadamente retornar. Sem perceber, durante o retorno a pressão arterial de Andira sobe rapidamente. O módulo de potencial de risco do sistema no smartphone do paciente recebe as informações de PA e batimento cardíaco através dos sensores e realiza algumas ações, são elas: 1. Classifica o potencial de risco da PA e batimento

cardíaco como alto, em função da idade de Andira. Todavia, classifica a PA e batimento cardíaco de Mário como baixo, uma vez que ele é jovem.

É enviada para Andira uma notificação questionando se ela está realizando alguma atividade física e para Mário nenhum questionamento é feito, uma vez que seu potencial de risco é baixo. O sistema no smartphone envia as informações já com as classificações de potencial de risco, via rede 3G, para o módulo de processamento de Situação em Nuvem, que compara com a base de conhecimento montada através das diversas situações ocorridas em ambos.

Nenhuma ocorrência foi encontrada, pois eles estão sendo monitorados pelo sistema há pouco tempo. Sendo assim o sistema classifica o risco de acordo com o perfil do paciente.

Para Andira é correlacionado contexto de peso, idade, PA, patologia, batimento cardíaco e questionamento realizado. Sua classificação de risco é definida como alta, uma vez que sua pressão arterial média foi calculada e está alta, sua idade é avançada e o seu batimento cardíaco aumentou. E ela não estava fazendo exercício físico.

Para Mário, sua classificação foi definida como média, uma vez que foi correlacionado sua pressão arterial média, peso, batimento cardíaco e patologia e somente sua pressão arterial e peso estavam pouco alterados. O UbHeart através do módulo de base de regra de situação passa a monitorar os sinais vitais de ambos, a fim de identificar possível evolução na degradação dos sinais fisiológicos de Mário e Andira.

Depois de alguns segundos, o sistema verificou que a pressão de Andira e Mário aumentou ainda mais e seus batimentos cardíacos também. Em seguida, o sistema define a situação de risco alto para ambos em função dos sinais fisiológicos encontrados na maior parte do tempo acima do limite estabelecido pela sociedade brasileira de cardiologia. Posteriormente, aciona a base de regras de ação, que envia notificação para Lara comunicando o fato e insere na base de conhecimento a classificação como situação de risco alta para as variações de PA e batimento cardíaco. A continuidade do monitoramento, em função da redução de ritmo de ambos, reclassificar o risco.

Por fim, é possível observar que de acordo com a avaliação do cenário, os contextos inseridos são relevantes para a aplicação e análise de situação. Para melhor avaliar, a seção seguinte descreve uma análise baseada na simulação dos sinais fisiológicos do coração.

### 6.3 Avaliação com Sinais Fisiológicos

Uma base de dados foi criada a fim de realizar os testes dos algoritmos que representam o modelo. Com sinais fisiológicos foram simulados com valores baseados nos critérios estabelecidos pela SBC. Para pacientes de 18 até 65 anos foram os batimentos cardíacos, no intervalo entre 60-100. A Tabela 2 descreve os valores assumidos para pressão arterial.

Tabela 2: Valores estabelecidos para a base de teste

Classificação	Pressão sistólica (mmHg)	Pressão diastólica (mmHg)
Sono	~110	~70
Ótima	< 120	< 80
Normal	< 130	<85
Limítrofe	130-139	85-89
Hipertensão estágio 1	140-159	90-99
Hipertensão estágio 1	160-179	100-109

Fonte: VI Diretrizes Brasileiras de Hipertensão, 2010.

A regra genérica foi acionada para os valores fora dos intervalos estabelecidos para os batimentos cardíacos e da classificação limítrofe para pressão arterial sistólica e diastólica descritos na Tabela 2.

Pacientes acima do intervalo de idade foram utilizados regras específicas com base na classificação normal e intervalo de batimento cardíaco 60-90.

Tabela 3: Paciente com alteração nos sinais fisiológicos

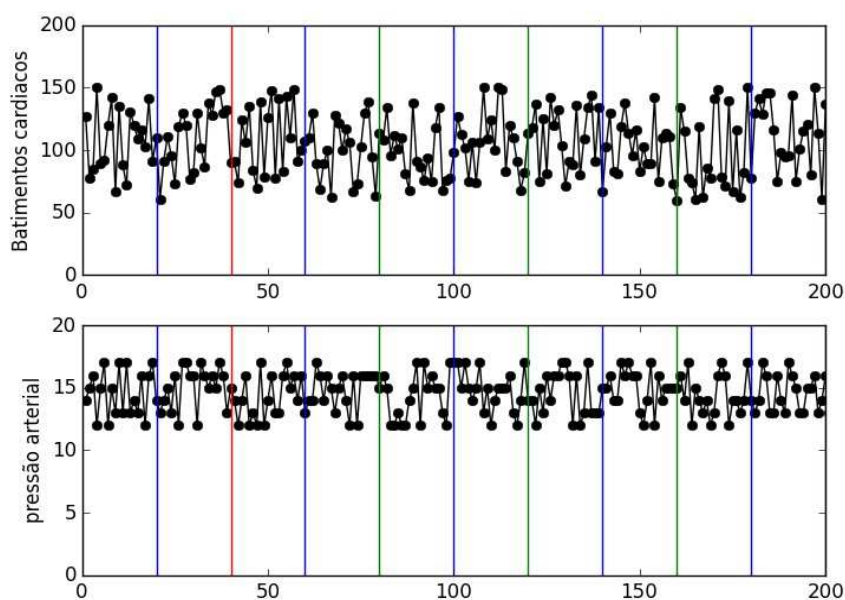
Classificação	Batimento Cardíaco	Pressão D/S diastólica / sistólica
Idoso 72 anos	96	15/80
Jovem 23 anos	100	14/80

Fonte: Próprio autor.

Os sinais fisiológicos foram preenchidos manualmente, aonde as regras genéricas e específicas foram acionadas para o monitoramento dos pacientes com as características descritas na Tabela 3.

O eixo vertical representa a oscilação para os batimentos cardíacos e pressão arterial, e o horizontal, a quantidade de sinais fisiológicos decorridos. As linhas em azul demarcam o início do monitoramento que ocorre quando os sinais fisiológicos são encontrados fora do limite aceitável.

Figura 15: Gráfico do sinal fisiológico batimento cardíaco e pressão sistólica do paciente idoso.



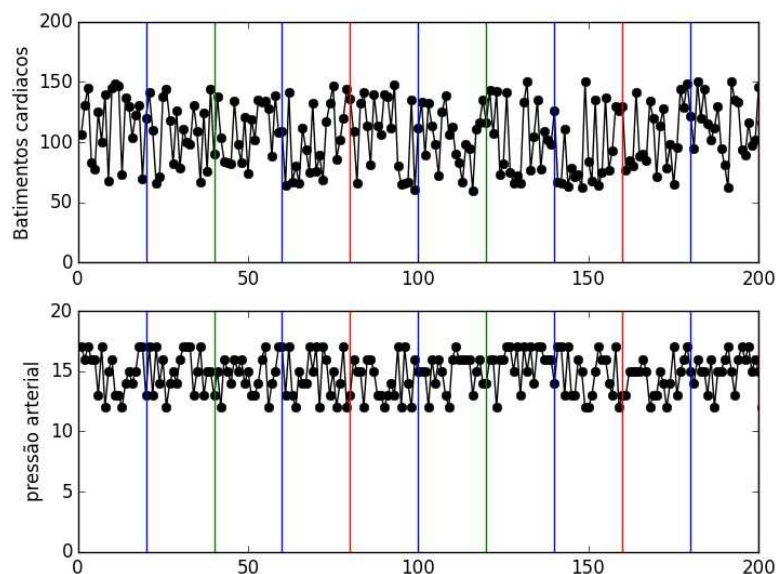
Fonte: Próprio autor.

Durante o monitoramento são selecionados 100 sinais fisiológicos de cada contexto em cinco intervalos, em sequência, aonde é calculado o padrão de degradação, índice de degradação e taxa de comprometimento, a qual determina qual o grau de certeza que afirmamos para o envolvimento do paciente com a situação de risco.

Realizando uma análise para o paciente idoso na Figura 15, na primeira fase de monitoramento dos batimentos cardíacos e pressão arterial, podemos observar que apesar do idoso apresentar alguns sinais fisiológicos

dentro dos limites estabelecidos na Tabela 2, a maioria dos demais sinais está fora do limite e esta ocorrência é determinante para a análise da degradação.

Figura 16: Gráfico do sinal fisiológico batimento cardíaco e pressão sistólica do paciente jovem.



Fonte: Próprio autor.

O gráfico demonstra que há uma evolução da degradação dos sinais fisiológicos, cujo cálculo é realizado com base na média encontrada, conforme linha em vermelho na figura 15.

O mesmo não ocorre com o paciente Jovem, pois a média foi abaixo do seu limite, conforme linha em verde na figura 16. Portanto, os valores fora e dentro do intervalo têm sua tendência analisada e são considerados para os cálculos de análise de situação.

Durante os intervalos de monitoramento, os sinais fisiológicos oscilaram, dificultando uma conclusão visual da real situação de saúde do paciente. Depois de obtida a média dos valores nos intervalos, foi possível sinalizar o risco à saúde. Todavia, a afirmação de possível comprometimento de saúde baseado na média dos valores pode não demonstrar a situação

real, portanto é necessário calcular a taxa de comprometimento da sinalização de risco com base em todos os intervalos.

A subseção 6.3.1 descreve a análise dos resultados e possibilidades para análise de situação de risco.

A correlação entre os diversos contextos relacionados à saúde do coração foi analisada de forma associativa pelo modelo, uma vez que regras específicas foram adaptadas para o perfil de cada paciente.

Pacientes com características físicas diferentes as quais inspiram cuidados de saúde foram representados sem dificuldade. Em caso prático, um paciente idoso apresenta sinais fisiológicos com limites diferentes em função de sua idade. Além disso, parte dos valores absolutos dos contextos tem representação, pois eles acionaram as regras de monitoramento.

Entretanto, os demais contextos adquiridos no intervalo devem ser considerados para determinar a real situação de saúde, pois a ausência de uma quantidade suficiente de contextos pode comprometer a sinalização do risco.

O cálculo da taxa de comprometimento realiza a compreensão dos sinais fisiológicos adquiridos, agregando-os logicamente a fim de analisar o grau de envolvimento do paciente com a situação de risco baseado em ciência de situação. Essa abordagem foi descrita na subseção 6.4 e 6.4.1.

#### **6.4 Avaliação da Ciência de Situação**

Duas abordagens foram utilizadas para a análise de ciência de situação e permitiram resultados mais precisos sem a necessidade de outros métodos de aquisição de sinais fisiológicos invasivos.

Duas formas são possíveis. A primeira delas consiste em calcular a taxa de comprometimento baseada na média dos sinais fisiológicos (TxM) encontrada nos intervalos. Portanto, teremos cinco valores médios que servirão de base para calcular a degradação para cada um deles comparado ao seu anterior. O índice de degradação, diferença da degradação encontrada em relação a anterior, pode apresentar uma sequência crescente para evolução da degradação, decrescente para a melhora do paciente, ou

estável caso não ocorra nenhuma das anteriores. A TxM é calculada baseada na dedução de 20% para os valores do índice de degradação, que não segue a sequência, uma vez que são utilizados cinco valores de referência.

A segunda forma é realizar a média das taxas de comprometimento baseado na lógica (TxL) dos sinais fisiológicos encontrados em cada intervalo. Os sinais fisiológicos são analisados no intervalo e podem apresentar uma sequência de valores crescentes para evolução da degradação, decrescentes para a melhora do paciente, ou estáveis, caso não ocorra nenhuma das anteriores.

Ao final de 20 sinais fisiológicos é calculada a taxa de comprometimento do intervalo, na qual para cada sinal fisiológico que está fora da sequência lógica é descontado 5%. A TxL é a média de todas as taxas dos cinco intervalos.

Na Tabela 4, a coluna TxM descreve a taxa de comprometimento baseado nos valores médios dos sinais fisiológicos. A variação do padrão de degradação (PD) apresentou uma melhora no quadro clínico dos pacientes. No caso do paciente jovem foram encontrados resultados que decrescem até o quarto valor da esquerda para a direita, descontando apenas 20% no caso do quinto valor de 4,75, o qual alterna para aumento da degradação.

Temos então, a TxM com valor de 80% e assim para os demais pacientes, conforme Tabela 4. Os valores da coluna TxL demonstraram uma taxa de comprometimento baixa.

A ocorrência indica que uma quantidade significativa de sinais fisiológicos foi deduzida da lógica encontrada.

A análise realizada anteriormente, baseada na Figura 15 e 16, demonstra que apesar de ter uma sinalização de evolução da degradação para o idoso e de melhora para o jovem, esta afirmação não foi precisa porque parte dos sinais fisiológicos adquiridos no intervalo comprometeram a afirmação e, portanto, foram deduzidos.

Para análise, os sinais fisiológicos foram agrupados cinco vezes contendo 25 sinais fisiológicos cada um.

Apesar de um sinal fisiológico poder apresentar, isoladamente, problemas de saúde, quando analisados com base no padrão de



degradação, ou seja, na diferença entre o seu anterior e posterior, há uma reconsideração da análise isolada, pois os mesmos encontram-se agrupados.

Tabela 4: Taxa de comprometimento TxM e TxL para batimento cardíaco

Paciente	Batimentos médios	Padrão (PD)	Índice (ID)	TxM	TxL
Idoso 72 anos	108,3 /108,9 /97,15 /108,9 /97,1	10,83 < 10,89 > 7,15 < 10,89 > 7,10	0,06   -3,74   3,74   -3,79	80%	50%
Jovem 23	115,25 /109,8 / 106,35 104,0 / 104,75	15,25 > 9,8 > 6,35 > 4,0 < 4,75	5,45   3,45   2,35   -1,75	80%	20%

Fonte: Próprio autor.

Uma nova compreensão é realizada, uma vez que o padrão de degradação pode demonstrar que as características associadas ao sinal fisiológico não representam risco iminentes à saúde, pois o histórico associado à ocorrência do contexto e a regra gerada pelo monitoramento acionado por este sinal determinará a evolução ou não da degradação do sinal fisiológico.

Durante os testes foi possível avaliar os dados com duas perspectivas para compreensão da situação, a fim de emitir a taxa de comprometimento. Ambas com possibilidades distintas para compreender a relação entre os valores dos contextos alinhados logicamente e determinar o grau de envolvimento do paciente em relação à situação de saúde.

Todavia, a possibilidade de considerar a sequência lógica dos sinais fisiológicos representou uma diferença considerável em relação à média obtida nos intervalos.

As abordagens de TxM e TxL apresentaram resultados que podem ser utilizadas como parâmetro para a tomada de decisão. Entretanto, fatores como ausência de sinais ou imperfeição durante sua aquisição podem ser melhor representadas quando consideramos a sequência lógica dos sinais vitais, uma vez que elas participaram do cálculo da TxL.

Um conjunto de sinais fisiológicos foi agrupado logicamente para facilitar sua compreensão concordando com Anagnostopoulos et al. (2007) e Endsley (1995).

Foi levado em consideração que um só contexto não determina a

situação em que o paciente se encontra e o seu valor absoluto combinado a um perfil fisiológico pode gerar dúvidas quanto à análise da situação.

O modelo UbHeart considera que um sinal fisiológico degradado pode apresentar baixo comprometimento do paciente em relação à situação de saúde, em função da ausência de contextos em um mesmo intervalo ou baixo risco de saúde, se padrão de degradação associado a ele decrescer.

Além disso, as afirmações realizadas pelo sistema quanto ao risco de saúde são analisadas com base em uma taxa de comprometimento, a qual por meio de ciência de situação determina o grau de confiabilidade da afirmação.

É possível ainda inferir regras customizadas que predizem o estado do paciente baseado nos históricos obtidos a partir da compreensão dos contextos agrupados, o que reforça a afirmação da autora Endsley (1995), que define como última etapa da ciência da situação a projeção dos estados futuros, os quais são realizados por meio de novas regras associadas ao paciente, permitindo fluxos decisórios alternativos.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A insuficiência cardíaca é considerada um dos principais desafios médicos do nosso tempo (UKENA, 2012).

Admissões hospitalares por insuficiência cardíaca têm aumentado consideravelmente os custos em sistemas de saúde e novas estratégias são utilizadas com apoio da telemedicina (LANDOLINA et. al., 2012).

Informações de saúde usadas durante o diagnóstico médico são determinantes para os cuidados prévios da saúde e podem contribuir com a diminuição das readmissões de pacientes nos hospitais.

Especialistas médicos utilizam dados fisiológicos do coração e correlacionam com informações do perfil do paciente a fim de diagnosticar sua saúde (MULVANEY 2012; WINKER 2011).

A principal contribuição científica deste trabalho foi a possibilidade de reconhecer informações que possam identificar possíveis degradações fisiológicas e agrupá-las logicamente a fim de compreender suas relações e poder determinar o grau de comprometimento de um paciente com uma situação de risco cardíaco, avaliando a evolução da degradação dos sinais fisiológicos e representando um auxílio nos cuidados médicos para prevenir a readmissão hospitalar.

O modelo UbHeart utilizou contextos relacionados à saúde do coração para definir o grau de envolvimento do paciente em relação ao risco de saúde.

Uma análise de potencial de risco e classificação de risco foi realizada previamente, relacionando o perfil do paciente aos contextos adquiridos por sensores. E, por fim, uma taxa de comprometimento foi emitida consubstanciada pelo resultado da compreensão das relações dos contextos agrupados.

Trabalhos relacionados com estudo apontaram a necessidade do monitoramento do progresso da degradação dos sinais vitais do paciente ao longo do tempo e a necessidade de analisar a ordem de classificação das medições, a fim de determinar o grau de investigação do médico.

As medições foram relacionadas aos questionamentos realizados pelo profissional e também aos códigos de cores informados no sistema, ou seja, a simples coleta dos sensores não foram suficiente para definir o grau de risco à saúde do paciente.

Como resultados, foi possível observar que parte do contexto é levado em consideração para determinar a situação, uma vez que a ocorrência não foi desprezada. Todavia, quando agregada logicamente foi avaliado também seu histórico e sua relação com os demais sinais adquiridos anteriormente e posteriormente.

Além disso, foi considerado ainda a representação da ausência de contexto ou a dificuldade em sua aquisição quando emitido a taxa de comprometimento.

Essa abordagem aplica o conceito de ciência da situação e demonstra ser útil para auxiliar o monitoramento da saúde do coração propiciando ainda uma maior qualidade de vida ao paciente, prevenindo possível readmissão no sistema de saúde.

Este trabalho foi aceito sob forma de artigo para o 7º Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, realizado em 2015 na cidade do Recife-PE com o título "*Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração baseado em ciência da situação e computação ubíqua*". O artigo destacou a aplicabilidade do modelo UbHeart para os cenários de monitoramento ubíquo de saúde do coração.

Para trabalhos futuros, pretende-se realizar definições de situações de riscos admitindo a ausência de contextos utilizados durante a análise da evolução da degradação e a localização do paciente.

Além disso, será realizado um estudo de caso com pacientes reais em um ambiente controlado, para identificar o grau de influência na determinação da situação do ambiente no qual o paciente está envolvido.

Um fator considerado importante é que em um grave problema de saúde o tempo é fator relevante para preservar a vida do paciente. Nesse caso, esperar durante muitos minutos para avaliar a degradação de um sinal fisiológico pode não representar uma solução útil.

Todavia, é possível analisar intervalos de pulsação a fim de estimar a frequência cardíaca futura e antecipar resultados para otimizar o tempo.

Outra possibilidade é associar fatores de risco ao índice de gordura corporal para inferir regras durante a definição do perfil de um paciente. Em muitos casos pacientes com características específicas podem ser enquadrados com patologias conhecidas, as quais podem ser delineadas no sistema. Essas patologias, quando conhecidas, podem antecipar a situação de risco.



## REFERÊNCIAS

ANAGNOSTOPOULOS, Christos B.; NTARLADIMAS, Yiorgos; HADJIEFTHYMIADES, Stathes. Situational computing: An innovative architecture with imprecise reasoning. **Journal of Systems and Software**, [S.I.], v. 80, n. 12, p. 1993-2014, 2007.

ANAND, Inder S. et al. Design and performance of a multisensor heart failure monitoring algorithm: results from the multisensor monitoring in congestive heart failure (MUSIC) study. **Journal of cardiac failure**, [S.I.], v. 18, n. 4, p. 289-295, 2012.

ANKER, Stefan D.; KOEHLER, Friedrich; ABRAHAM, William T. Telemedicine and remote management of patients with heart failure. **The Lancet**, [S.I.], v. 378, n. 9792, p. 731-739, 2011.

BAGULA, Antoine B.; OSUNMAKINDE, Isaac; ZENNARO, Marco. On the relevance of using Bayesian belief networks in wireless sensor networks situation recognition. **Sensors**, [S.I.], v. 10, n. 12, p. 11001-11020, 2010.

BALBANI, Aracy Pereira S.; KRAWCZYK, Alberto Luís. Impacto do uso do telefone celular na saúde de crianças e adolescentes. **Rev Paul Pediatr**, [S.I.], v. 29, n. 3, p. 430-6, 2011.

BARBOSA, Jorge Luis Victória et al. Using mobility and blackboards to support a multiparadigm model oriented to distributed processing. In: **Symposium on Computer Architecture and High Performance Computing**, [S.I.], v. 13, p. 187-194, 2001.

BEIJER, L. J.; RIETVELD, A. C. M. Asynchronous telemedicine applications in the rehabilitation of acquired speech-language disorders in **neurological patients**, [S.I.], v. 3, n. 1, p. 39-48, 2015.

BUI, Anh L.; FONAROW, Gregg C. Home monitoring for heart failure management. **Journal of the American College of Cardiology**, [S.I.], v. 59, n. 2, p. 97-104, 2012.

CHATTI, Ramzi et al. Algorithm for therapeutic management of acute heart failure syndromes. **Heart failure reviews**, [S.I.], v. 12, n. 2, p. 113-117, 2007.

CHAUDHRY, Sarwat I. et al. Telemonitoring in patients with heart failure. **New England Journal of Medicine**, [S.I.], v. 363, n. 24, p. 2301-2309, 2010.

CHEN, Liming; RASHIDI, Parisa. Situation, activity and goal awareness in ubiquitous computing. **International Journal of Pervasive Computing and Communications**, [S.I.], v. 8, n. 3, p. 216-224, 2012.

COSTA, Carlos; OLIVEIRA, José Luís. Telecardiology through ubiquitous Internet services. **International journal of medical informatics**, [S.I.], v. 81, n. 9, p. 612-621, 2012.

CRESTANELLO, Juan A. Surgical approach to mitral regurgitation in chronic heart failure: when is it an option?. **Current heart failure reports**, [S.I.], v. 9, n. 1, p. 40-50, 2012.

COSTA, C. A.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing. **IEEE Pervasive Computing**, [S.I.], v. 7, p. 64-73, 2008.

DA COSTA, Cristiano Andre; YAMIN, Adenauer C.; GEYER, Claudio Fernando Resin. Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing. **IEEE Pervasive Computing**, [S.I.], v. 7, n. 1, p. 64-73, 2008.



DE CARVALHO, Sergio Teixeira; COPETTI, Alessandro; LOQUES FILHO, Orlando Gomes. Sistema de computação ubíqua na assistência domiciliar à saúde. **Journal Of Health Informatics**, [S.I.], v. 3, n. 2, 2011.

DEY, Anind K. Understanding and using context. **Personal and ubiquitous computing**, [S.I.], v. 5, n. 1, p. 4-7, 2001.

DURSO, Francis T.; SETHUMADHAVAN, Arathi. Situation awareness: Understanding dynamic environments. Human Factors: **The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.I.], v. 50, n. 3, p. 442-448, 2008.

ENDSLEY, Mica R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems. Human Factors: **The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, [S.I.], v. 37, n. 1, p. 32-64, 1995.

GELOGO, Yvette E.; KIM, Haeng-Kon. Unified Ubiquitous Healthcare System Architecture with Collaborative Model. **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, [S.I.], v. 8, n. 3, 2013.

HEGDE, Rajesh M.; KURNIAWAN, Joseph; RAO, Bhaskar D. On the design and prototype implementation of a multimodal situation aware system. Multimedia, **IEEE Transactions on**, [S.I.], v. 11, n. 4, p. 645-657, 2009.

HERVÁS, Ramón; BRAVO, José. Towards the ubiquitous visualization: Adaptive user-interfaces based on the Semantic Web. **Interacting with Computers**, [S.I.], v. 23, n. 1, p. 40-56, 2011.

HSIEH, Jui-Chien; LI, Ai-Hsien; YANG, Chung-Chi. Mobile, cloud, and big data computing: contributions, challenges, and new directions in telecardiology. **International journal of environmental research and public health**, [S.I.], v. 10, n. 11, p. 6131-6153, 2013.

JENKINS, Michael P. et al. Towards context aware data fusion: Modeling and integration of situationally qualified human observations to manage uncertainty in a hard+ soft fusion process. **Information Fusion**, [S.I.], v. 21, p. 130-144, 2015.

KASHEM, Abul et al. Managing heart failure care using an internet-based telemedicine system. **Journal of Cardiac Failure**, [S.I.], v. 14, n. 2, p. 121-126, 2008.

KENYON, Jessica I.; POROPATICH, Ronald; HOLTEL, Michael R. Cell phones in telehealth and otolaryngology. **Otolaryngologic Clinics of North America**, [S.I.], v. 44, n. 6, p. 1351-1358, 2011.

KIM, Byung S.; YOO, Sun Kook; LEE, Moon H. Wavelet-based low-delay ECG compression algorithm for continuous ECG transmission. *Information Technology in Biomedicine*, **IEEE Transactions on**, [S.I.], v. 10, n. 1, p. 77-83, 2006.

KIM, Sung Woo et al. Sensible appliances: applying context-awareness to appliance design. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.I.], v. 8, n. 3-4, p. 184-191, 2004.

LANDOLINA, Maurizio et al. Remote Monitoring Reduces Healthcare Use and Improves Quality of Care in Heart Failure Patients With Implantable Defibrillators The Evolution of Management Strategies of Heart Failure Patients With Implantable Defibrillators (EVOLVO) Study. **Circulation**, [S.I.], v. 125, n. 24, p. 2985-2992, 2012.

LEDWIDGE, Mark T. et al. Can individualized weight monitoring using the HeartPhone algorithm improve sensitivity for clinical deterioration of heart failure?. **European journal of heart failure**, [S.I.], v. 15, n. 4, p. 447-455, 2013.

MELL, P and T. Grance, The NIST Definition of Cloud Computing, National Institute of Standards and Technology, **Information Technology Laboratory, Technical Report**, [S.I.],Version 15, 2009.

MULVANEY, David et al. Monitoring heart disease and diabetes with mobile internet communications. **International journal of telemedicine and applications**, [S.I.], v. 2012, p. 12, 2012.

NOY, Natalya F. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology: Knowledge Systems Laboratory, Stanford University. **Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report**, [S.I.], SMI-2001-0880, 2001.

RAMACHANDRAN, Umakishore et al. Large-scale situation awareness with camera networks and multimodal sensing. **Proceedings of the IEEE**, [S.I.], v. 100, n. 4, p. 878-892, 2012.

RIBEIRO, Antonio Luiz P. et al. Implementation of a telecardiology system in the state of Minas Gerais: the Minas Telecardio Project. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, [S.I.], v. 95, n. 1, p. 70-78, 2010.

ROTH, Arie et al. Telecardiology for patients with chronic heart failure: the 'SHL'experience in Israel. **International journal of cardiology**, [S.I.], v. 97, n. 1, p. 49-55, 2004.

SALMON, Paul M. et al. An on-road network analysis-based approach to studying driver situation awareness at rail level crossings. **Accident Analysis & Prevention**, [S.I.], v. 58, p. 195-205, 2013.

SARKAR, Shantanu et al. Improved algorithm to detect fluid accumulation via intrathoracic impedance monitoring in heart failure patients with implantable devices. **Journal of cardiac failure**, [S.I.], v. 17, n. 7, p. 569-576, 2011.

SATYANARAYANAN, Mahadev. Mobile computing: the next decade. **ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review**, [S.I.], v. 15, n. 2, p. 2-10, 2011.

SCOTT, R. E. et al. Telehealth in the developing world: current status and future prospects. **Smart Homecare Technology and TeleHealth**, [S.I.], v. 3, p. 25-37, 2015.

SHIH, Ju-Ling et al. An investigation of attitudes of students and teachers about participating in a context-aware ubiquitous learning activity. **British Journal of Educational Technology**, [S.I.], v. 42, n. 3, p. 373-394, 2011.

SOUZA, A. et al. Uma abordagem ubíqua consciente de situação para avaliação de metas terapêuticas em ambiente hospitalar. **Sistemas Sociais e Eventos de Grandes Massas: Ampliando Desafios da Computação, SBCUP-VI Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva**, [S.I.], p. 921-930, 2014.

SUFI, Fahim et al. Novel methods of faster cardiovascular diagnosis in wireless telecardiology. **Selected Areas in Communications, IEEE Journal on**, [S.I.], v. 27, n. 4, p. 537-552, 2009.

SUH, Myung-kyung et al. A remote patient monitoring system for congestive heart failure. **Journal of medical systems**, [S.I.], v. 35, n. 5, p. 1165-1179, 2011.

UKENA, Christian; BÖHM, Michael. Management of heart failure: are specialists really needed?. **European heart journal**, [S.I.], v. 34, n. 6, p. 416-418, 2013.

WEISER, M. The Computer for the 21st Century. **Scientific American**, New York, v.265, n.3, p. 94-104, Mar. 1991.

WINKLER, Sebastian et al. A new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology—feasibility study. **International Journal of Cardiology**, [S.l.], v. 153, n. 1, p. 55-58, 2011.

YAU, Stephen S. et al. Support for situation awareness in trustworthy ubiquitous computing application software. **Software: Practice and Experience**, [S.l.], v. 36, n. 9, p. 893-921, 2006.

ZHOU, Jiehan et al. Context-aware pervasive service composition and its implementation. **Personal and Ubiquitous Computing**, [S.l.], v. 15, n. 3, p. 291-303, 2011.