



Programa de Pós-Graduação em

**Computação Aplicada**

Mestrado Acadêmico

Jorge Arthur Schneider Aranda

Odin: Um modelo para a coleta adaptativa de sinais vitais.

São Leopoldo, 2020



UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS — UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM COMPUTAÇÃO APLICADA  
NÍVEL MESTRADO

JORGE ARTHUR SCHNEIDER ARANDA

**ODIN: UM MODELO DE COLETA ADAPTATIVA DE SINAIS VITAIS**

São Leopoldo  
2020

Jorge Arthur Schneider Aranda

**ODIN: UM MODELO DE COLETA ADAPTATIVA DE SINAIS VITAIS**

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

Orientador:  
Prof. Dr. Jorge Luís Victória Barbosa

Coorientador:  
Prof. Dr. Juliano Varella de Carvalho

São Leopoldo  
2020

A662o Aranda, Jorge Arthur Schneider.  
Odin : um modelo de coleta adaptativa de sinais vitais /  
Jorge Arthur Schneider Aranda. – 2020.  
91 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio  
dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação  
Aplicada, 2020.  
“Orientador: Prof. Dr. Jorge Luís Victória Barbosa”.

1. Computação ubíqua. 2. Sistemas multiagentes.  
3. Informática na medicina. I. Título.

CDU 004

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Bibliotecário: Flávio Nunes – CRB 10/1298)

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 /"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001*

(Esta folha serve somente para guardar o lugar da verdadeira folha de aprovação, que é obtida após a defesa do trabalho. Este item é obrigatório, exceto no caso de TCCs.)





Dedico este trabalho a minha mãe Iris Helena Schneider e a minha esposa Cristiane Morgana  
Becher.

*If I have seen farther than others,  
it is because I stood on the shoulders of giants.*  
— SIR ISAAC NEWTON



## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos que me ajudaram em minha trajetória acadêmica e profissional: Colegas, amigos e principalmente a minha Família. A minha mãe Iris e a minha esposa Cristiane que sempre estiveram comigo nos momentos bons e ruins desta jornada. Agradeço ao professor e orientador Jorge Barbosa, que sempre me incentivou a escrever e publicar artigos acadêmicos de alta qualidade em periódicos de alto impacto no meio científico, por seu profissionalismo, assim como a meu co-orientador Professor Dr. Juliano Varella de Carvalho pela dedicação e paciência ao me auxiliar na condução deste trabalho. Agradeço aos colegas do Mobilab pelos conselhos, conversas e ensinamentos, em especial ao colega Rodrigo Simon Bavaresco. Agradeço o apoio do CNPq / Brasil (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - <http://www.cnpq.br>) e CAPES / Brasil (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - <http://www.capes.gov.br>).



*“Ninguém abre um livro sem que aprenda alguma coisa”.*  
(Anônimo)



## RESUMO

Dispositivos vestíveis surgiram a partir do avanço da tecnologia de comunicação e da miniaturização de componentes eletrônicos. Esses dispositivos monitoram periodicamente os sinais vitais do usuário e geralmente têm baixa autonomia de bateria. Este trabalho propõe o ODIN, um modelo para coleta otimizada de sinais vitais baseada em estratégias adaptativas. A comparação com trabalhos relacionados indica que o ODIN é a única proposta que apresenta uma coleta adaptativa de sinais vitais, o que possibilita a geração otimizada de histórico de contextos. Um protótipo foi implementado e aplicado em uma avaliação organizada em três grupos. No primeiro grupo foram feitas simulações em diferentes cenários, através do controle de requisições foi obtido um aumento de 114 % na vida útil da bateria no cenário adaptativo comparado a uma coleta sem adaptatividade. No segundo grupo, o modelo ODIN foi aplicado em uma base de dados fisiológicos reais e permitiu a redução da quantidade de requisições devido à adaptatividade da coleta. Esta redução otimizou em 66 % o consumo de bateria comparado a uma coleta sem adaptatividade. Por fim, no terceiro grupo, o modelo foi aplicado em dados coletados por meio de um Arduino e também de uma cinta de monitoramento cardíaca disponível no mercado (Polar H7). Durante esta terceira parte da avaliação, foi observado uma economia de 18% no consumo de bateria dos dispositivos móveis envolvidos na coleta.

**Palavras-chave:** Computação Ubíqua. Sistemas Adaptativos. e-Health. Sistema Multiagentes.





## ABSTRACT

Wearable devices emerged from the advancement of communication technology and the miniaturization of electronic components. These devices periodically monitor the user's vital signs and generally have low battery life. This work proposes ODIN, a model for optimized collection of vital signs based on adaptive strategies. The comparison with related works indicates that ODIN is the only proposal that presents an adaptive collection of vital signs, which allows the optimized generation of context history. A prototype was implemented and in three groups. In the first group, simulations were performed in different scenarios, through requisition control, an increase of 114 % in battery life was obtained in the adaptive scenario compared to a collection without adaptivity. In the second group, the ODIN model was applied to a real physiological database and allowed for a reduction in the number of requests due to the adaptability of the collection. This reduction optimized battery consumption by 66 % compared to a collection without adaptability. Finally, in the third group, the model was applied in collecting data through an Arduino and also a cardiac monitoring strap available on the market (Polar H7). During this third part of the evaluation, savings of 18 % were observed in the power consumption of the mobile devices involved in the data collection.

**Keywords:** Ubiquitous Computing. Adaptative Systems. e-Health. Multi-Agent Systems.



## LISTA DE FIGURAS

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1  | Visão Geral do Modelo Odin . . . . .                          | 25 |
| 2  | Dimensões da Computação Ubíqua . . . . .                      | 28 |
| 3  | Informações de usuário em um contexto . . . . .               | 29 |
| 4  | Funcionamento básico de um agente . . . . .                   | 32 |
| 5  | Comparativo Lógica Booleana x Lógica Fuzzy . . . . .          | 34 |
| 6  | Processo de filtragem dos trabalhos mapeados . . . . .        | 39 |
| 7  | Tecnologias de Coleta de Dados . . . . .                      | 43 |
| 8  | Tecnologias de Análise de Dados . . . . .                     | 44 |
| 9  | Tipos de sinais vitais . . . . .                              | 45 |
| 10 | Locais de publicação dos estudos . . . . .                    | 45 |
| 11 | Quantidade de publicações por ano . . . . .                   | 46 |
| 12 | Extensão dos trabalhos <i>eHealth</i> . . . . .               | 49 |
| 13 | Arquitetura Modelo Odin . . . . .                             | 53 |
| 14 | Distribuição Multiagentes . . . . .                           | 54 |
| 15 | Regras de Adaptação . . . . .                                 | 56 |
| 16 | Ontologia de Condições Fisiológicas . . . . .                 | 57 |
| 17 | Geração Fuzzy para cada sinal vital . . . . .                 | 58 |
| 18 | Tela de Notificações . . . . .                                | 62 |
| 19 | Fluxo de uso do Odin App . . . . .                            | 63 |
| 20 | Adaptação Desligada . . . . .                                 | 63 |
| 21 | Adaptação Ligada . . . . .                                    | 63 |
| 22 | Ambientes de monitoramento industrial . . . . .               | 66 |
| 23 | Tela de monitoramento do ambiente <i>Indoor</i> . . . . .     | 67 |
| 24 | Ligação entre dispositivos do protótipo de hardware . . . . . | 71 |
| 25 | Utilização do protótipo . . . . .                             | 71 |
| 26 | Utilização da Polar H7 . . . . .                              | 72 |
| 27 | Comparativo de Cenários . . . . .                             | 73 |



## LISTA DE ABREVIATURAS

|       |                    |
|-------|--------------------|
| Ampl. | Ampliado, -a       |
| Cont. | Continuação        |
| Índ.  | Índice             |
| PC    | Computador Pessoal |
| Ex.   | Exemplo            |
| Masc. | Masculino          |
| Fem.  | Feminino           |
| Obs.  | Observação         |



## LISTA DE SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| IoT     | <i>Internet of Things</i>                                    |
| SP      | Sensor Primário  |
| SS      | Sensor Secundário  |
| ATE     | Adatapção de Tempo de Espera                                 |
| AC      | Adaptação de Contexto  |
| TAM     | <i>Technical Architecture Module</i>                         |
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                     |
| CAPES   | Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior  |
| FAPERGS | Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul |
| FC      | Frequência cardíaca  |
| VFC     | Variação de frequência cardíaca                              |
| UTI     | Unidade de terapia intensiva                                 |





## SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>   | <b>23</b> |
| 1.1      | Motivação   | 23        |
| 1.2      | Objetivos   | 24        |
| 1.3      | Metodologia   | 24        |
| 1.4      | Organização da Dissertação  | 25        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>  | <b>27</b> |
| 2.1      | Computação Ubíqua   | 27        |
| 2.2      | Sensibilidade ao Contexto   | 28        |
| 2.3      | Internet das Coisas   | 30        |
| 2.4      | Internet das Coisas na área da saúde  | 30        |
| 2.5      | Sistema Multiagentes  | 32        |
| 2.6      | Lógica Fuzzy  | 33        |
| 2.7      | Considerações sobre o Capítulo  | 33        |
| <b>3</b> | <b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>   | <b>35</b> |
| 3.1      | Mapeamento sistemático  | 35        |
| 3.2      | Metodologia do Mapeamento sistemático   | 36        |
| 3.2.1    | Questões de Pesquisa  | 36        |
| 3.2.2    | Processo de Pesquisa  | 37        |
| 3.2.3    | Filtragem dos estudos   | 38        |
| 3.3      | Resultados do Mapeamento Sistemático  | 39        |
| 3.3.1    | QG 1: Como são os ambientes inteligentes que utilizam dados fisiológicos para cuidados de saúde?                            | 39        |
| 3.3.2    | QG2: Quais são as técnicas e/ou tecnologias mais utilizadas para a coleta de dados fisiológicos em ambientes inteligentes?  | 42        |
| 3.3.3    | QG3: Quais são as técnicas e/ou tecnologias mais utilizadas para a análise de dados fisiológicos em ambientes inteligentes? | 42        |
| 3.3.4    | QE1: Quais são os sinais vitais mais comumente coletados?   | 43        |
| 3.3.5    | QE 2: O perfil de usuário é considerado na análise de dados fisiológicos?   | 44        |
| 3.3.6    | QET 1: Onde estes estudos foram publicados?   | 44        |
| 3.3.7    | QET 2: Quantas publicações ocorreram por ano?   | 45        |
| 3.4      | Ameaças a validade do mapeamento sistemático  | 46        |
| 3.5      | Discussão   | 47        |
| 3.6      | Considerações sobre o capítulo  | 50        |
| <b>4</b> | <b>O MODELO ODIN</b>  | <b>53</b> |
| 4.1      | Arquitetura do Modelo Odín  | 53        |
| 4.2      | Organização Multiagentes Odín   | 54        |
| 4.3      | Regras de Adaptação   | 55        |
| 4.4      | Fuzzyficação das regras   | 56        |
| 4.5      | Considerações sobre o Capítulo  | 60        |
| <b>5</b> | <b>ASPECTOS DE AVALIAÇÃO</b>  | <b>61</b> |
| 5.1      | Casos de uso através de cenários  | 62        |
| 5.1.1    | Cenário 1   | 64        |
| 5.1.2    | Cenário 2   | 64        |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| 5.1.3      | Cenário 3                                      | 65        |
| <b>5.2</b> | <b>Avaliação com dados de pacientes</b>        | <b>70</b> |
| <b>5.3</b> | <b>Casos de uso com dispositivos vestíveis</b> | <b>70</b> |
| 5.3.1      | Coleta com Protótipo em Arduino                | 70        |
| 5.3.2      | Coleta com a Polar H7                          | 72        |
| <b>5.4</b> | <b>Discussão</b>                               | <b>72</b> |
| <b>5.5</b> | <b>Considerações sobre o Capítulo</b>          | <b>74</b> |
| <b>6</b>   | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>                    | <b>75</b> |
| <b>6.1</b> | <b>Contribuições</b>                           | <b>75</b> |
| <b>6.2</b> | <b>Artigos publicados</b>                      | <b>76</b> |
| <b>6.3</b> | <b>Limitações e Trabalhos Futuros</b>          | <b>77</b> |
|            | <b>REFERÊNCIAS</b>                             | <b>79</b> |
|            | <b>APÊNDICE A – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES</b> | <b>87</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

A computação ubíqua (Barbosa, 2015) pode facilitar o uso de tarefas que necessitam de computação invisível aos usuários e pode ser considerada uma extensão da computação móvel, pois a mesma herda parte de suas características, como transparência e sensibilidade ao contexto (Satyanarayanan, 2001). Estes contextos são informações que podem estar relacionadas com pessoas (indivíduos, grupos), tais como sinais vitais (batimentos cardíacos, temperatura corporal) ou relacionados com coisas (dispositivos vestíveis, recursos computacionais), também podem possuir atributos, como uma identidade (identificação única), status e tempo (para definir a ordenação que os eventos ocorrem) (Satyanarayanan, 2001; DEY; ABOWD, 2001).

O contexto atual (instantâneo) pode não fornecer a totalidade de informações necessárias, por isso é importante acompanhar os históricos de contextos (BARBOSA et al., 2018; ROSA et al., 2015) onde a entidade está inserida. Esse tipo de informação pode ajudar uma aplicação a se adaptar ao usuário. Esta adaptação então, depende de informações do contexto onde o usuário está inserido, assim como o acompanhamento frequente destes contextos para melhor assertividade da adaptação.

### 1.1 Motivação

Como a população mundial está envelhecendo (*UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS, 2017*), há uma demanda por cuidados médicos de qualidade em qualquer ambiente. As soluções de saúde móvel desempenham um papel importante na coleta de dados para monitorar o estado do paciente e podem reduzir o custo dos serviços médicos.

Uma alternativa para amenizar estes problemas seria a utilização de recursos computacionais a fim de automatizar tarefas que necessitem de um profissional de saúde, podendo empregar a mão-de-obra deste profissional em atividades de maior necessidade.

O desenvolvimento de dispositivos de monitoramento de saúde, a miniaturização dos dispositivos eletrônicos e a disponibilidade crescente de redes sem fio permitiu o surgimento de inúmeras soluções de saúde móvel. Tais equipamentos potencializam a geração de oportunidades a fim de melhorar os serviços de atendimento de qualidade para pacientes e profissionais da área de saúde (COSTA et al., 2018).

Embora esforços venham sendo dedicados a melhorar a arquitetura e a conectividade entre dispositivos (YAN et al., 2019), menos atenção foi dedicada ao desenvolvimento de técnicas analíticas para avaliar o estado de saúde atual das pessoas monitoradas. Dispositivos vestíveis podem ajudar a monitorar informações de saúde de um usuário devido a sua mobilidade e integração com *smartphones* por exemplo. Porém um problema já recorrente quando utilizado dispositivos móveis e/ou vestíveis seria o consumo de energia destes equipamentos, necessitando que o usuário carregue-o constantemente (BAIG et al., 2019).

O monitoramento de sinais vitais, necessita de um profissional que identifique possíveis alterações indicando as ações que devem ser tomadas a seguir. Estas ações buscam melhorar o estado de saúde do paciente. Porém, sem a informação correta sobre os valores de sinais vitais do paciente estas ações podem não ocorrer, ou até mesmo ocorrer tardiamente, principalmente se o paciente não estiver em ambiente clínico ou hospitalar. De forma a otimizar a obtenção destas informações, uma coleta adaptativa através de dispositivos vestíveis poderia ser uma alternativa.

A adaptação poderia otimizar a coleta de informações fisiológicas e de contexto do usuário gerando um histórico dos dados de saúde do paciente justamente quando este apresentasse uma alteração em um quadro regular de saúde. Neste caso o contexto significa coletar informações do perfil do usuário (idade, gênero) e informações da sua rotina (nível de atividade, localização geográfica). A adaptação, indiretamente poderia otimizar a bateria dos dispositivos responsáveis pela coleta das informações de saúde, assim como gerar uma maior quantidade de dados durante um momento de maior necessidade. Com base nisso, abre-se a seguinte questão de pesquisa: Como seria um modelo computacional que adaptasse a coleta de sinais vitais de acordo com o histórico de contextos do usuário?

## 1.2 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo criar um modelo computacional para coleta adaptativa de dados fisiológicos e de contexto do usuário. De forma a atingir este objetivo geral estão destacados os seguintes objetivos específicos:

- Efetuar um estudo da área de coleta de sinais vitais através da computação móvel ;
- Otimizar a autonomia de bateria de dispositivos relacionados à coleta de sinais vitais;
- Otimizar a coleta de dados do usuário, coletando mais dados durante um possível período de risco e menos dados enquanto usuários estiverem fora de risco;
- Avaliar o modelo Odin através de cenários com diferentes contextos.

## 1.3 Metodologia

Para melhor compreensão atual dos sistemas de coleta de sinais vitais, foi realizada uma revisão da bibliografia a respeito do tema. A partir de uma análise inicial foi verificado que os sistemas de coleta de sinais vitais utilizam de recursos de Internet das Coisas (IoT) geralmente através de dispositivos vestíveis. Também foi identificado que a maior parte dos trabalhos propostos utilizam técnicas de comunicação mais comumente utilizadas em ambientes internos assim como a limitação de autonomia de bateria dos dispositivos que coletam estes dados. Após identificados os trabalhos relacionados da área, viu-se a necessidade de elaborar um modelo

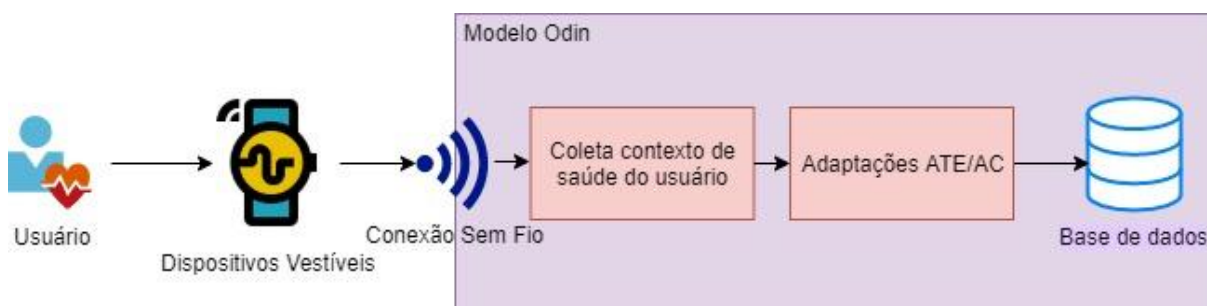
que seja possível de utilizar em qualquer ambiente e otimize as coletas de forma a garantir o funcionamento das aplicações pelo maior tempo possível.

Após a identificação das lacunas deixadas pelos trabalhos relacionados foi necessário elaborar uma alternativa baseada em um modelo que permitisse otimizar a coleta de dados fisiológicos e que efetuasse alguma ação a partir do contexto destes dados coletados. Antes do desenvolvimento do modelo e seus componentes foi necessário identificar os possíveis cenários de uso de forma a desenvolver os serviços de maneira mais adequada. Com os cenários devidamente identificados, foi definido como o modelo seria arquitetado, através de agentes e regras que poderiam ser definidas pelo profissional de saúde escolhido pelo paciente.

As regras foram definidas através da adaptação de sinais vitais, que consiste em efetuar mais coletas em caso de alterações de sinais vitais estratégicos e menos coletas quando o usuário estiver em uma situação regular, esta adaptação é chamada de Adaptação de Tempo de Espera (ATE). O usuário pode ter dispositivos vestíveis com mais de um sensor de sinais vitais conforme Figura 1. Um destes sensores pode ser definido como o Sensor Principal (SP) e o restante como Sensores Secundários (SS). A adaptação permite iniciar a coleta de SS de acordo com o status do SP.

Em uma situação de normalidade de sinais vitais apenas o Sensor Principal efetua a coleta de sinais vitais enquanto os Sensores Secundários ficam em estado de pausa. Estes sensores podem ser fisiológicos ou referentes ao contexto como a localização por GPS. De acordo com o contexto de sinais vitais do usuário, estes sensores podem ficar ativos ou voltar para o estado de pausa automaticamente. Esta adaptação é chamada de Adaptação de Contexto (AC). As adaptações propostas nesse trabalho são baseadas em regras definidas nos padrões de referência de valores de sinais vitais, propostas pelo Ministério da Saúde (Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, 2003).

Figura 1: Visão Geral do Modelo Odin



Fonte: Elaborado pelo Autor.

#### 1.4 Organização da Dissertação

Este trabalho está dividido em seis capítulos. O segundo capítulo aborda os conceitos básicos utilizados no trabalho, o terceiro capítulo levanta a revisão da literatura efetuada assim

como os trabalhos relacionados. O quarto e o quinto capítulos abordam o modelo proposto e sua avaliação, respectivamente. Por fim, o capítulo seis apresenta as considerações finais do trabalho.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta uma descrição dos conceitos e fundamentos utilizados para elaboração desta dissertação. Os conceitos são Computação Ubíqua, Sensibilidade ao Contexto, Internet das Coisas, Sistemas Multiagentes e Lógica Fuzzy.

### 2.1 Computação Ubíqua

Segundo WEISER (1991) a computação ubíqua consiste em dispositivos computacionais distribuídos em um ambiente e comunicando-se entre si, tornando-se o computador algo comum e que está em toda a parte. Já Satyanarayanan (2001) considerou a visão de Weiser, como uma evolução das pesquisas voltadas aos sistemas distribuídos e computação móvel. Assim a computação ubíqua pode ser definida como um ambiente com dispositivos de menor escala que se adaptam aos diferentes ambientes realizando isso de forma transparente.

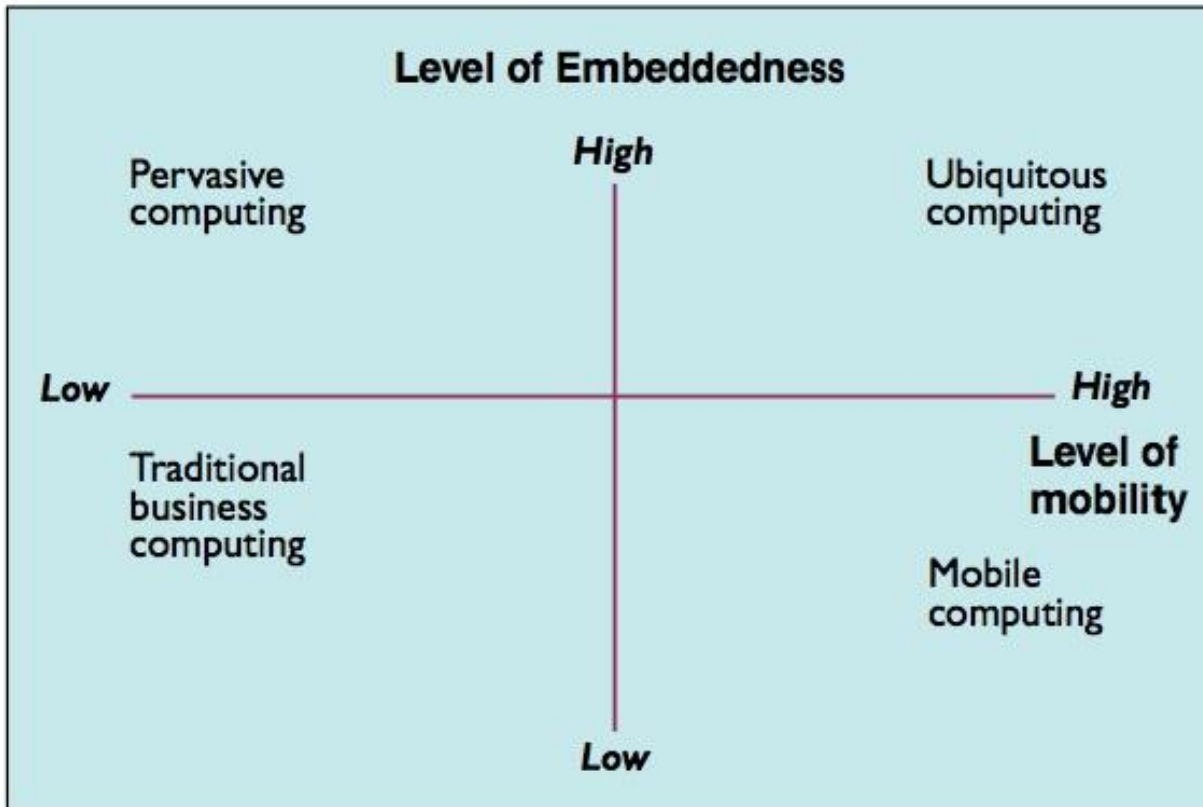
A visão de Weiser impulsionou a evolução da tecnologia em grande medida. A computação ubíqua, em particular, mudou bastante ao longo dos anos e provou ser um campo de referência em tecnologia, ajudando a desenvolver novas revoluções, como a internet das coisas (BANOS; HERVÁS, 2019). O que torna, talvez, a computação ubíqua um campo de interesse especial é o fato de que ela combina muito bem com vários domínios de aplicação. Um domínio principal é a saúde, uma área que necessita cada vez mais de soluções inteligentes e eficientes para lidar com as demandas sociais atuais e futuras. A tecnologia onipresente já está permitindo a implementação e administração de serviços personalizados de saúde e bem-estar, que reagem e se adaptam de maneira inteligente às necessidades em constante mudança dos usuários.

Conforme (LYYTINEN; YOO, 2002) a computação ubíqua é indicada através de dois eixos de acordo com o quão embarcada e móvel a mesma se encontra, conforme a Figura 2. O eixo que indica o nível de mobilidade é o eixo horizontal, este eixo que inicia na computação tradicional e se expande para a computação móvel. O eixo vertical indica o nível do que esta está embarcado, iniciando também na computação tradicional e alcançando a computação pervasiva. Com relação aos quatro conceitos apresentados (computação tradicional, computação móvel, computação pervasiva e computação ubíqua), a computação ubíqua possui um alto nível de mobilidade, assim como de componentes embarcados.

Para Barbosa (Barbosa, 2015), áreas como saúde, comércio, ensino e jogos têm muito a ganhar com a computação ubíqua. Uma que a adoção de técnicas de computação ubíqua pode gerar impactos similares aos gerados com o advento da internet nas mais diversas áreas de aplicação.

A computação ubíqua tem se tornado mais presente no cotidiano das pessoas. Essa popularização ocorreu devido ao baixo custo dos dispositivos de microeletrônica e o aumento de conexões de comunicação sem fio. A capacidade de coleta de dados sobre a situação atual do ambiente e a posterior análise desses dados, de forma a adaptar seu funcionamento é chamada

Figura 2: Dimensões da Computação Ubíqua



Fonte: LYYTINEN; YOO (2002).

de sensibilidade ao contexto, sendo este um importante conceito para a computação ubíqua.

## 2.2 Sensibilidade ao Contexto

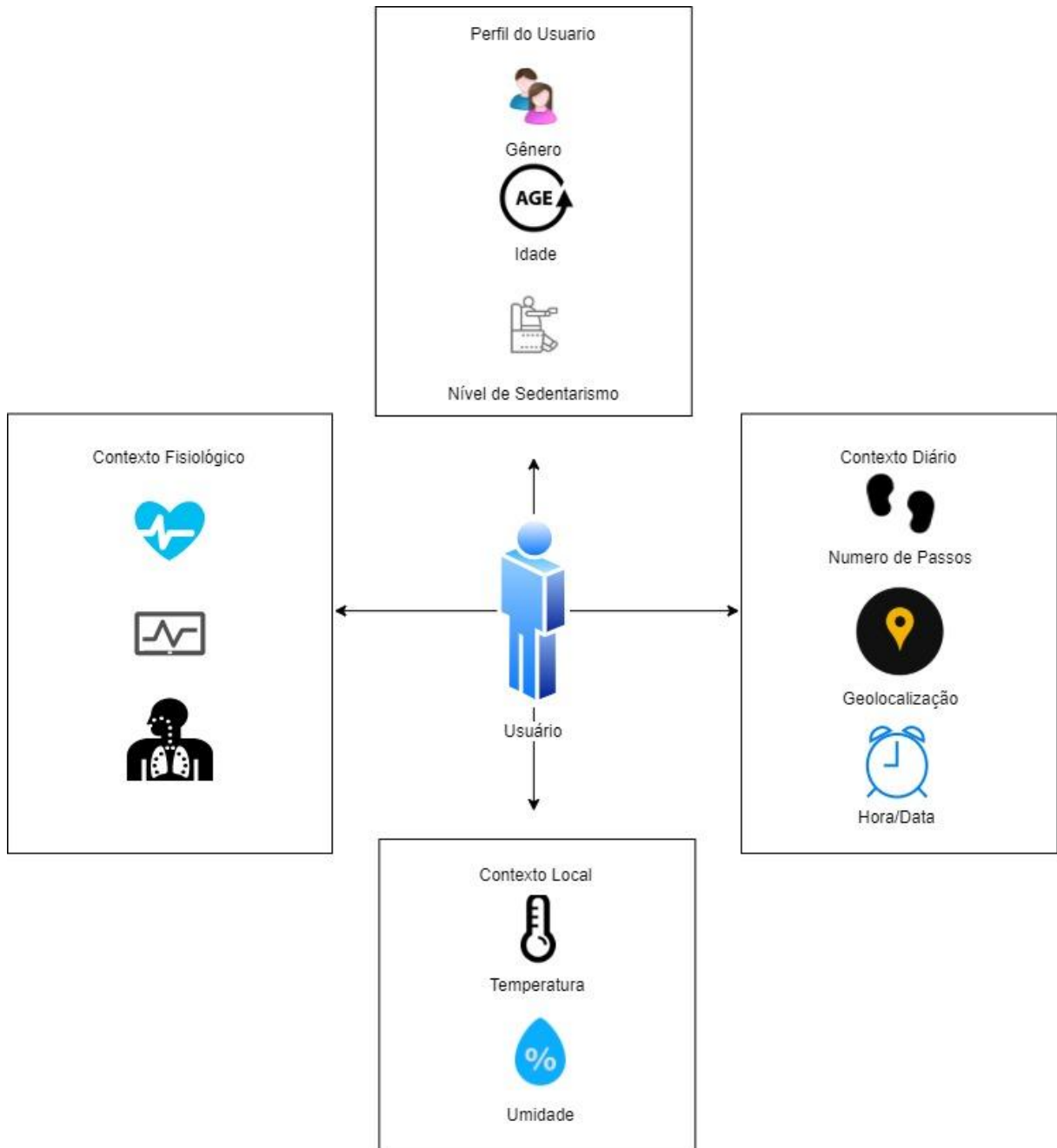
Na computação ubíqua, entender o contexto em que se está inserido é um dos mais importantes pilares para o funcionamento das aplicações (DEY; ABOWD, 2001). O contexto se refere a qualquer tipo de informação relevante para o sistema, tais como objetos, condição de algo ou até mesmo o tempo em que um determinado evento ocorreu. Dessa forma sistemas computacionais, sensíveis ao contexto, podem utilizá-lo onde estão inseridos, para perceber e reagir a mudanças no ambiente onde o usuário está situado, adaptando-se a fim de melhorar a experiência do usuário (DEY; ABOWD, 2001).

A Figura 3 mostra as diversas possibilidades de informações presentes no contexto de um usuário. Essas informações podem incluir dados fisiológicos, como batimentos cardíacos ou pressão arterial ou informações do perfil do usuário como idade, gênero, nível de atividade ou sedentarismo. Também podem incluir informações sobre o que o usuário está fazendo em um determinado horário e data, como número de passos e sua localização atual. Por fim informações do local onde o usuário está inserido, como temperatura (que pode ser temperatura externa ou interna de uma localidade) ou até mesmo umidade relativa do ar. Todas essas informações, se



correlacionadas, podem permitir um melhor entendimento de uma condição do usuário naquele momento. O armazenamento destas informações ao longo de um período, formam diversos históricos, que são chamados de históricos de contextos (Barbosa, 2015).

Figura 3: Informações de usuário em um contexto



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por outro lado, WAGNER; BARBOSA; BARBOSA (2014), propuseram um modelo chamado de eProfile, que é baseado em análise de histórico de contextos para a geração dinâmica de perfis sensíveis ao contexto. Vianna e Barbosa (VIANNA; BARBOSA, 2017) propuseram um modelo escalável que busca integrar o contexto do usuário (pessoas, dados de saúde e tecnologia disponível) de forma a otimizar seus cuidados de saúde.

### 2.3 Internet das Coisas

Um dos conceitos mais abordados quando se fala em comunicação e inovação, é o de *Internet of Things* (IoT) ou Internet das Coisas. A IoT deverá causar grande impacto nos próximos anos. Considerando o impacto que a internet já teve na educação, na comunicação, nos negócios, na ciência, no governo e na humanidade (SHAIKH; PARVATI; BIRADAR, 2018).

Para ser possível a detecção de dados e informações relevantes ao contexto de um usuário, a utilização da tecnologia de internet das coisas se faz necessária. Através da utilização de pequenos sensores e da comunicação de dados sem fio, a capacidade de coleta de informações sobre um determinado contexto evoluiu significativamente (SHAIKH; PARVATI; BIRADAR, 2018).

Com a população mundial envelhecendo e aumentando (*UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS*, 2017), a IoT pode melhorar consideravelmente a qualidade de vida de um número cada vez maior de usuários. Devido a uma maior longevidade alcançada pela população mundial, um sistema para monitoramento das condições de saúde dos usuários pode se tornar uma ferramenta útil.

Através de um dispositivo vestível e móvel que pode detectar os sinais vitais de um usuário e enviar alertas para profissionais de saúde. Estes alertas podem ser configuráveis de acordo com os limiares de cada sinal vital. Além de dados fisiológicos pode-se também detectar quando uma pessoa cair e não conseguir se levantar. Existem também trabalhos nesta área (VIANNA; BARBOSA, 2013) que atuam em fatores externos ao usuário, podendo detectar situações de risco para um usuário.

A internet das coisas pode prover soluções específicas para um determinado grupo monitorar suas condições de saúde. Pacientes com doenças crônicas, por exemplo, podem utilizar desta tecnologia para obter alertas e informações importantes acerca da sua condição de saúde (VIANNA; BARBOSA, 2017; YIN et al., 2019).

A área de saúde e cuidados por si só já constitui uma grande subárea dentro da internet das coisas. Dada a necessidade de se observar doenças, crônicas, monitoramento de idosos ou até mesmo rendimento no esporte.

### 2.4 Internet das Coisas na área da saúde

Na área da saúde a sensibilidade ao contexto do paciente e o histórico destes contextos permitem analisar padrões, hábitos e preferências dos usuários (HONG et al., 2009). Os sistemas sensíveis ao contexto são aplicativos de computação projetados para capturar, interpretar e usar informações contextuais e fornecer serviços adaptativos de acordo com o contexto atual de uso. Sistemas sensíveis ao contexto têm o potencial de apoiar pacientes com condições crônicas (YIN et al., 2019). Aplicações baseadas em *e-Health* quando sensíveis ao contexto, podem se beneficiar obtendo informações do ambiente relacionadas a saúde e por consequência ajudar

no cuidado do paciente. Um exemplo de aplicação que utiliza a sensibilidade ao contexto é o U'Ductor (VIANNA; BARBOSA, 2013).

Porém muitas soluções de internet das coisas são específicas de uma determinada patologia de usuário. Um fator que pode afetar a todos os tipos de usuários de maneira geral é o estresse. Alguns trabalhos já foram desenvolvidos com o intuito de analisar a saúde mental de usuários através de dados fisiológicos (BAVARESCO et al., 2020). O trabalho de Mayya et al. (2015) consiste em determinar o estado de um usuário, que pode estar estressado ou não estressado. Permitindo que o usuário efetue alguma ação para gerir situações de estresse.

No trabalho de Dobbins e Fairclough (DOBBINS; FAIRCLOUGH, 2017) foi criada uma plataforma que promove o autoconhecimento, permitindo ao usuário monitorar estresse enquanto está dirigindo. Já Gjoreski (GJORESKI et al., 2016), apresentou um método para detecção de estresse através de dispositivos vestíveis. Nos trabalhos citados são utilizados sensibilidade ao contexto para detectar o estresse do usuário e principalmente a variabilidade de frequência cardíaca como dado fisiológico para detecção do mesmo (SILVA SOUZA et al., 2013).

Considerar informações referentes a perfil do usuário e estado de atividade, é uma estratégia abordada nestes casos, pois permite a possibilidade de obter informação mais precisa e relevante. Uma vez que nem todos os perfis de usuário são iguais e o que pode ser considerado uma situação de risco para um usuário com um determinado perfil, pode ser considerado normal para um usuário com um perfil diferente.

Segundo a *WORLD HEALTH ORGANIZATION* (2017), mais de 300 milhões de pessoas no mundo sofrem com transtornos que podem estar relacionados ao estresse. Apesar disso, mesmo sendo de origem psicológica, transtornos mentais como o estresse podem afetar os sinais vitais do corpo humano (QUINTANA; ALVARES; HEATHERS, 2016).

O valor de frequência cardíaca por exemplo, é diretamente ligado ao estado emocional do usuário (SILVA SOUZA et al., 2013). O sistema nervoso é afetado pelo estado emocional, podendo causar diversas alterações fisiológicas no corpo do usuário. O resultado destas alterações, consiste na produção de hormônios que entram na corrente sanguínea, isso conduz mudanças na Variabilidade da Frequência Cardíaca (VFC), na Frequência Cardíaca (FC) e até mesmo na Pressão Arterial.

Segundo QUINTANA; ALVARES; HEATHERS (2016), conceitua-se a VFC como a diferença de tempo (medida em milissegundos) entre um batimento cardíaco e outro. A VFC por padrão é aferida por meio da leitura dos sinais de um eletrocardiograma (ECG) e permite calcular a diferença entre duas ondas R, este cálculo com os valores de diferença das ondas é chamado de RR (SILVA SOUZA et al., 2013). Este processo de coleta pode ser encontrado de maneira similar em dispositivos vestíveis e apresenta resultado satisfatório em relação ao ECG.

Para monitorar as informações fisiológicas e de contexto de usuário, se faz necessário um recurso computacional capaz de detectar e perceber as situações do contexto de um usuário. Este recurso precisaria executar ações uma vez percebida uma situação de risco. Como solução

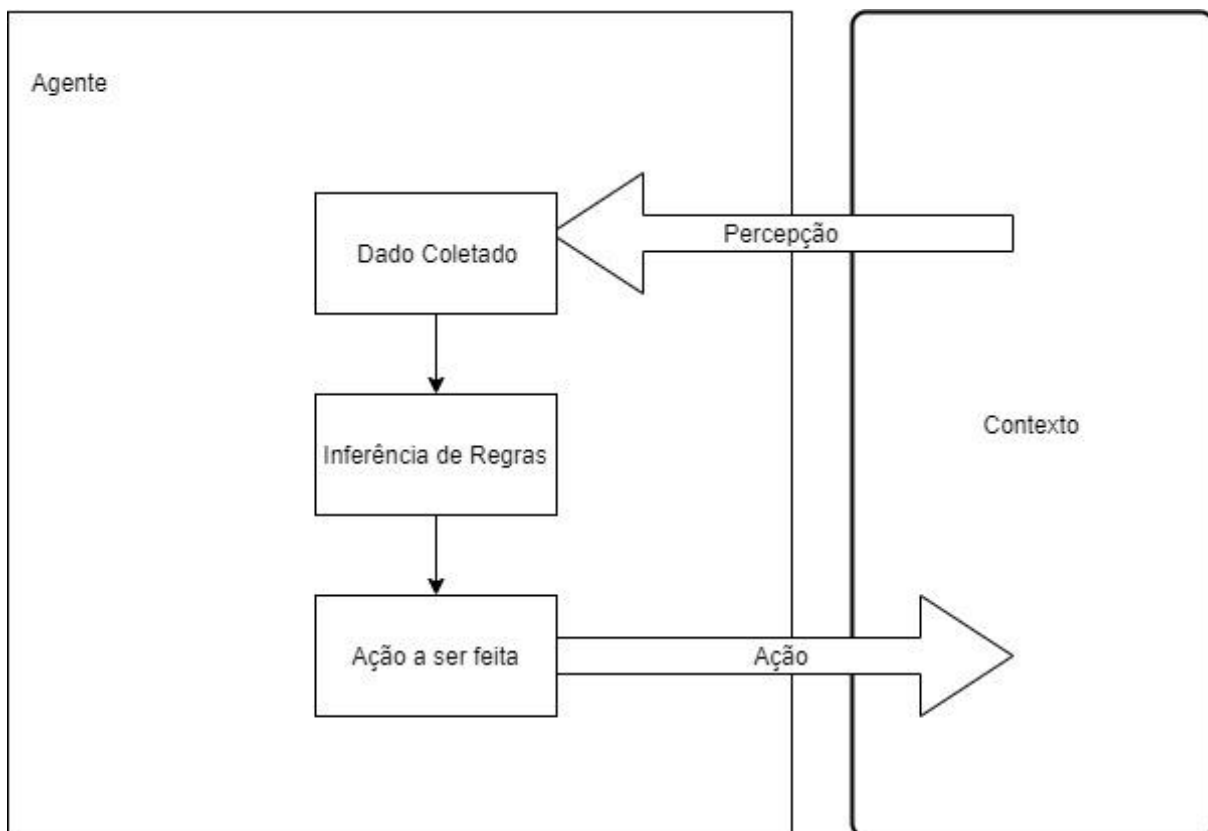
para executar as ações optou-se por utilizar um sistema multiagentes.

## 2.5 Sistema Multiagentes

Sistemas multiagentes facilitam a observação de comportamentos através de agentes presentes em sua arquitetura. Nesta estrutura, há uma organização que permite uma melhor aproximação do contexto que se deseja observar.

Agentes são um sistema de computador situado em um ambiente e que são capazes de serem autônomos em suas atitudes, que visam alcançar seus objetivos (PADGHAM; WINIKOFF, 2004). Conforme a Figura 4 agentes também podem ser definidos como componentes de um sistema, que executam atividades simultâneas, têm a capacidade de raciocinar e se adaptar a um ambiente. Johnson (JOHNSON, 2002) afirma que é visível o surgimento de uma organização, onde o modelo de agentes baseia-se na observação das interações entre os seus elementos.

Figura 4: Funcionamento básico de um agente



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Nos últimos anos, a tecnologia dos agentes teve um crescimento significativo em todos os campos, especialmente no campo da saúde eletrônica (KALMARZI MOGHADDAM et al., 2013). A engenharia de software orientada a agentes é um fenômeno usado na produção de sistemas distribuídos. As características especiais do agente, como inteligência e autonomia, causam redução nos custos de operação e desempenham funções automáticas em alguns sis-

temas, como a saúde eletrônica, que foram implementados pela tecnologia do Agente. O uso de novas tecnologias de comunicação, sistemas distribuídos e agentes inteligentes também é considerado um fenômeno novo na medicina (CALVARESI et al., 2019).

## 2.6 Lógica Fuzzy

Para a utilização de uma aplicação de saúde que seja ciente ao contexto, as regras utilizadas pelos agentes são parte importante do projeto. O monitoramento de sinais vitais geralmente utiliza valores estáticos de limiares entre o que é uma situação de risco e uma situação normal para o usuário.

Para inferir computacionalmente estas regras estáticas se faz uso de uma lógica convencional. Por exemplo, se a frequência cardíaca de um usuário passar de 99 para 100, em apenas um instante ele pode sair de uma condição normal para uma condição de risco. O retorno gerado por este conjunto de regras estáticas será apenas de verdadeiro ou falso.

Como a coleta de dados fisiológicos, assim como a análise do contexto do usuário envolvido nesta coleta são muito mais dinâmicos, se faz necessário a utilização de um conjunto de regras inteligentes. Como alternativa a essa necessidade pode-se usar regras baseadas lógica fuzzy ou lógica difusa.

A lógica Fuzzy visa modelar o raciocínio lógico com declarações vagas ou imprecisas como por exemplo "João está taquicárdico". Sua origem refere-se a uma família de lógicas com muitos valores e, portanto, estipula que o valor da verdade (que, neste caso, equivale a um grau de verdade) de uma proposição logicamente composta, como "Carlos é sedentário", é determinado pelo valor real de seus componentes (MOLIA; KOTHARI, 2020).

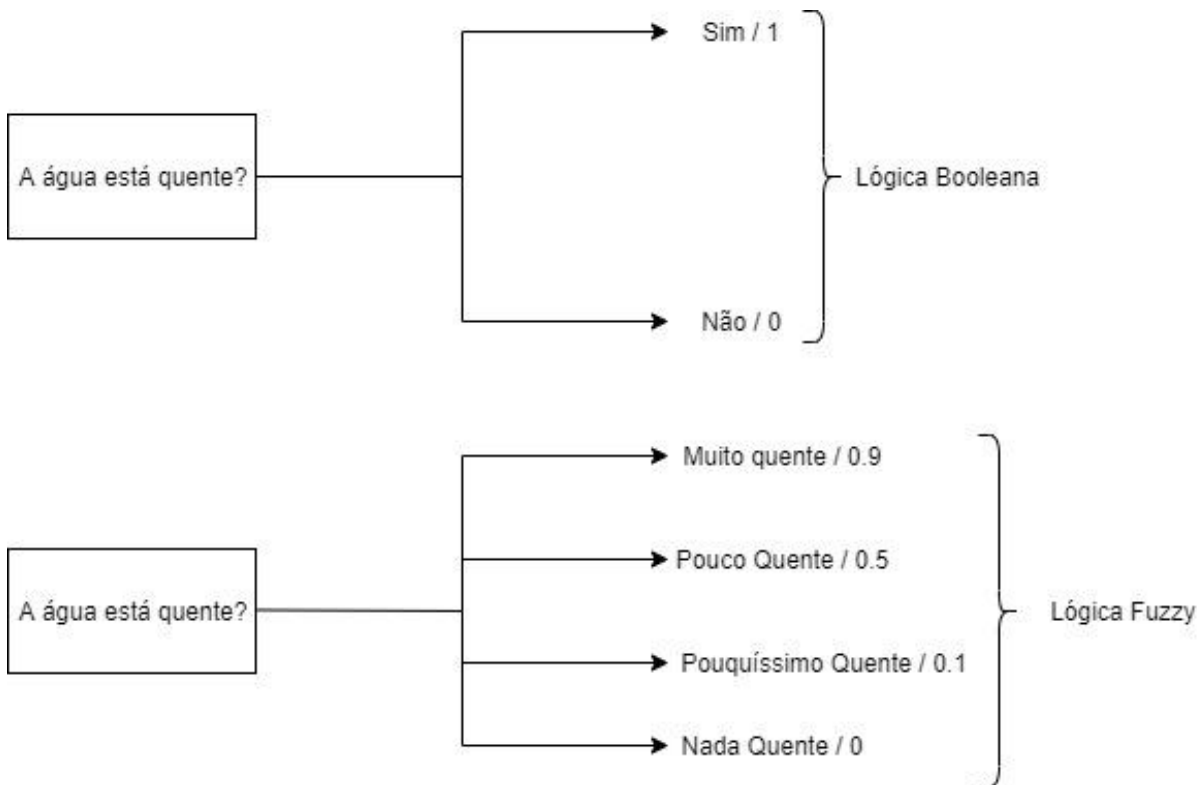
Um conjunto Fuzzy atribui um grau de associação, normalmente um número real do intervalo  $[0,1]$ , a elementos de um universo. A lógica difusa surge atribuindo graus de verdade a proposições. O conjunto padrão de valores de verdade (graus) é  $[0,1]$ , onde 0 representa "totalmente falso", 1 representa "totalmente verdadeiro" e os outros números se referem à verdade parcial, ou seja, graus intermediários de verdade (PATHAK; ARUL VALAN, 2020).

Na área da saúde devido a alto grau de incerteza dado pela inferência de sinais vitais, a utilização de lógica fuzzy se mostra uma alternativa válida (AHMADI et al., 2018). Torna-se possível cobrir mais possibilidades de ações em comparação a uma lógica booleana. Dessa forma é possível obter uma inferência mais precisa ao verificar a execução de uma regra. A Figura 5 demonstra a diferença de uma lógica difusa para uma lógica booleana.

## 2.7 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo apresentou os conceitos básicos e termos utilizados nesta pesquisa. A primeira seção deste capítulo abordou o tema da computação ubíqua que é onde está inserido o trabalho, uma vez que a coleta de sinais vitais deve ser constante e de maneira invisível ao usuário. A

Figura 5: Comparativo Lógica Booleana x Lógica Fuzzy



Fonte: Adaptado de (MOLIA; KOTHARI, 2020)

segunda seção do capítulo, abordou a sensibilidade ao contexto do usuário, uma vez que informações do perfil do usuário ou até mesmo se ele está em repouso ou em movimento são importantes para efetuar a adaptação da coleta. Em seguida foram tratadas questões referentes a internet das coisas e saúde. Por fim foi abordado o conceito de agentes, que deverão efetuar atividades independentemente para atingir o objetivo do modelo proposto. O próximo capítulo abordará o levantamento bibliográfico dos trabalhos relacionados com o modelo proposto, abordando questões de pesquisa, metodologia de busca, mapeamento e lacunas observadas pelos trabalhos selecionados.

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Este capítulo explora a literatura relacionada a coleta e análise de dados fisiológicos em ambientes inteligentes por meio de um estudo sistemático de mapeamento, organizado em três etapas: (1) identificação de questões de pesquisa; (2) elaboração do processo de busca; (3) definição dos critérios para a filtragem dos resultados. Alguns artigos foram adicionados usando a metodologia *snowball sampling* (COOPER, 2016). Este trabalho de mapeamento sistemático foi publicado em periódico internacional (ARANDA et al., 2019).

Esta revisão de literatura abrangeu 5870 artigos publicados nos últimos 11 anos, até abril de 2019. A seleção final resultou em 32 artigos. Entre estes, 25 trabalhos coletaram dados cardíacos, 23 usaram Wi-Fi, Bluetooth, GSM ou ZigBee, 14 trabalhos usaram técnicas para a análise de dados fisiológicos.

O mapeamento verificou as tendências e tecnologias mais usadas e analisou dados fisiológicos de ambientes inteligentes. Três questões gerais (QG), duas perguntas específicas (QE) e duas questões estatísticas (QET) foram respondidas. Revisões semelhantes já foram realizadas com foco em coleta de dados, ao invés de técnicas de análise destas informações. Isso denota uma oportunidade para mais estudos na área de análise de sinais vitais.

#### 3.1 Mapeamento sistemático

Com o objetivo de analisar a atual literatura, um mapeamento sistemático pode ajudar a delimitar os problemas enfrentados neste domínio, de forma a propor alternativas para trabalhos futuros sobre o tema. Este trabalho utilizou um método de mapeamento sistemático para estudar o uso de tecnologias relacionadas à coleta e análise de dados fisiológicos.

Estudos com foco em diferentes áreas de pesquisa (GONCALES et al., 2014; VIANNA; BARBOSA, 2017; DIAS; BARBOSA; VIANNA, 2018; DALMINA; BARBOSA; VIANNA, 2019) também aplicaram essa abordagem (PETERSEN et al., 2008; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015; COOPER, 2016). Além disso, estudos relacionados foram realizados na área específica de pesquisa destacada neste trabalho (ZHENG et al., 2014; TOUATI; TABISH, 2013; PUNJ; KUMAR, 2018; CHEN et al., 2010; JOVANOV; MILENKOVIC, 2011). No entanto, esses estudos visam pesquisar os sensores, sem listar técnicas de comunicação ou a análise dos dados coletados.

A análise de dados pode fornecer uma melhor compreensão das condições do paciente, o fato de alguns artigos serem revisados neste trabalho (KEMP et al., 2008; APILETTI et al., 2009; COPETTI et al., 2009; CHEN, 2012; CHEN; CHIANG; LEE, 2013; SALIM et al., 2014; FURBERG et al., 2017; FERNANDES; LUCENA, 2017; HU et al., 2012; ACHOURI; ALTI; ROOSE, 2017; BARRETO et al., 2018; CHOI; SHIN, 2018; HASSAN et al., 2019) apresentam técnicas relacionadas à análise de dados.

Como cada paciente tem diferentes necessidades, é importante uma revisão para determinar

se os dados analisados consideram os perfis de usuários individuais. Isso pode indicar uma oportunidade para futuros estudos sobre análise de dados fisiológicos. O objetivo deste mapeamento sistemático é destacar as tecnologias mais utilizadas no campo da comunicação e da análise de dados fisiológicos, servindo assim de base para futuros trabalhos neste contexto.

O capítulo está organizado da seguinte forma: a próxima seção apresenta como o estudo foi elaborado, começando com uma seleção de sete bases de dados de computação e saúde. Uma seleção inicial de 5870 artigos foi encontrada, e 32 artigos foram selecionados após o processo de filtragem. Posteriormente, uma seção aborda os trabalhos mapeados de acordo com as questões de pesquisa, bem como os resultados obtidos. A penúltima seção considera as possíveis ameaças à validade deste trabalho. Finalmente, a última seção reporta as considerações sobre este capítulo.

## 3.2 Metodologia do Mapeamento sistemático

Este trabalho utiliza um estudo de mapeamento sistemático como metodologia para a uma revisão de literatura (BUDGEN et al., 2008; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015; COOPER, 2016) de trabalhos de pesquisa que investigaram como a computação pode auxiliar na coleta e análise de dados fisiológicos. Esta metodologia é amplamente reconhecida e aplicada em áreas como medicina (COOPER, 2016) e ciências sociais (PETTICREW; ROBERTS, 2006). O objetivo principal de tal revisão é identificar evidências e tendências nas coleções de obras literárias relacionadas a um tema de interesse, viés de redução quando referências únicas são usadas. Com base nas diretrizes propostas por (PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015), o mapeamento sistemático seguiu os seguintes passos:

- Elaboração das questões de pesquisa.
- Elaboração do processo de busca.
- Definição dos critérios para filtragem de resultados.

### 3.2.1 Questões de Pesquisa

As questões de pesquisa aplicadas neste estudo delinearão a descoberta de artigos que podem estar relacionados à coleta e análise de dados fisiológicos. Três questões gerais (QG), duas questões específicas (QE) e duas questões estatísticas (QET) foram definidas. As questões gerais buscaram informações básicas em relação às tecnologias utilizadas em ambientes inteligentes e dados fisiológicos. O objetivo das questões específicas foi entender quantitativamente detalhes de artigos selecionados, como os sinais vitais mais comuns coletados, ou qual o tipo de análise dos dados de sinais vitais coletados. Finalmente, o objetivo das questões estatísticas foi verificar onde os artigos foram publicados, e para o entendimento da cronologia das publicações. A Tabela 1 apresenta as questões de pesquisa.



Tabela 1: Questões de Pesquisa do Mapeamento Sistemático

| Tipo: | Detalhes   |
|-------|--|
| QG1   | Como são os ambientes inteligentes que utilizam dados fisiológicos para cuidados de saúde?                             |
| QG2   | Quais são as técnicas e/ou tecnologias mais utilizadas para a coleta de dados fisiológicos em ambientes inteligentes?  |
| QG3   | Quais são as técnicas e/ou tecnologias mais utilizadas para a análise de dados fisiológicos em ambientes inteligentes? |
| QE1   | Quais são os sinais vitais mais comumente coletados?   |
| QE2   | O perfil de usuário é considerado na análise de dados fisiológicos?  |
| QET1  | Onde estes estudos foram publicados?   |
| QET2  | Quantas publicações ocorreram por ano?   |

Fonte: Elaborado pelo autor.

### 3.2.2 Processo de Pesquisa

Três etapas foram definidas para o processo de pesquisa: especificar a *string* de pesquisa, selecionar os bancos de dados e encontrar os resultados. O primeiro passo identificou os principais termos e seus sinônimos mais relevantes. Os termos escolhidos foram "*Physiological Data*" e "*Smart Environments*" como termos primários, e "*Health Data*", "*Biometric Data*" e "*Ubiquitous Environments*" como sinônimos.

Depois que os termos e sinônimos foram definidos, a *string* de pesquisa foi elaborada. Assim os parâmetros de busca para uso nas bases de dados foram determinados. O segundo passo foi selecionar bancos de dados relevantes para a área de estudo, a fim de aplicar a *string* de pesquisa. Sete bancos de dados de artigos foram utilizados: ACM Digital Library, IEEE Xplore, JMIR, Springer Link, PubMed, Science Direct e Wiley Online Library. A seleção priorizou bases de dados de pesquisas de saúde e computação. Estas bases de dados foram anteriormente usadas em estudos recentes de revisão sistemática (GONCALES et al., 2014; VIANNA; BARBOSA, 2017; DIAS; BARBOSA; VIANNA, 2018; DALMINA; BARBOSA; VIANNA, 2019).

A busca nas bases de dados da ACM, IEEE Xplore, Science Direct e Wiley exigiram a utilização do recurso de pesquisa avançada. Na PubMed e JMIR, a pesquisa avançada foi usada em combinação com os filtros de busca. Finalmente, no Springer Link, além de usar a *string* de pesquisa, foi necessário remover documentos categorizados como "*Preview Only*", e selecionar o campo de filtro intitulado "*Computer Science*" para obter resultados relevantes. O passo seguinte definiu os filtros de busca.

### 3.2.3 Filtragem dos estudos

Os estudos foram filtrados para selecionar os trabalhos que melhor se enquadravam na área de pesquisa. Os seguintes critérios de inclusão (CI) foram definidos:

- CI 1: O estudo deve ter sido publicado em uma conferência, *workshop* ou *Journal*.
- CI 2: O estudo deve estar relacionado ao tema proposto - Ambientes Inteligentes, assim como análise e coleta de dados fisiológicos.
- CI 3: O estudo deve ser um artigo completo.

Também foram considerados os seguintes critérios de exclusão:

- CE 1: Estudos publicados antes de 2008.
- CE 2: Estudos não escritos em inglês.
- CE 3: Estudos publicados como dissertações ou teses.
- CE 4: Estudos que não incluem coleta ou análise de dados em ambientes inteligentes.
- CE 5: Estudos que não tem relação com as questões de pesquisa.

Os critérios de inclusão e exclusão permitiram obter os mais relevantes estudos e eliminar qualquer ruído gerado na pesquisa. A Figura 6 mostra o processo de filtragem. A filtragem inicial de artigos se deu através da remoção de trabalhos que não atendiam aos critérios de exclusão CE 1, CE 2 e CE 3. Subsequentemente, um filtro foi aplicado a partir do título e das palavras-chave dos artigos. Por fim, os estudos selecionados foram filtrados de acordo com o conteúdo do estudo e resumo dos artigos mapeados.

Três artigos (APILETTI et al., 2009; SALIM et al., 2014; NIKOLIDAKIS et al., 2010) foram adicionados usando heurística, uma vez que eles foram considerados relevantes para o estudo. Esses artigos atendem às questões de pesquisa e com os critérios do mapeamento sistemático, apesar de não terem sido encontrados no processo de busca. Esses artigos foram encontrados utilizando o método *Snowball Sampling* (COOPER, 2016), que consiste em ler as referências dos trabalhos filtrados e que não foram encontrados na primeira busca. O próximo filtro representa uma abordagem chamada *three-pass method* (KESHAV; S., 2016).

O primeiro passo do método de três passos, compreendeu quatro etapas: 1) ler o título, resumo e a introdução de cada artigo mapeado; 2) ler somente os títulos de cada seção e subseção, ignorando o resto; 3) examinar brevemente o conteúdo matemático (se houver) para revisar se eles são consistentes com os fundamentos teóricos apresentados no artigo mapeado; 4) ler as conclusões. A segunda etapa envolveu a revisão cuidadosa de figuras, diagramas e outras ilustrações de artigos, com atenção específica aos números.

Figura 6: Processo de filtragem dos trabalhos mapeados

|                     | Initial Search          | Impurity Removal (EC1, EC2, EC3) | Filter By Title and Keywords | Filter By Abstract | Combination | Duplicate Removal | Addition by Heuristics | Filter By Three-pass Based method | Filter by Full Text (EC4, EC5) |
|---------------------|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------|-------------------|------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| ACM Digital Library | 15,94% filtered<br>483  | 94,58% filtered<br>406           | 63,64% filtered<br>22        | 8                  | 69          | 69                | 74                     | 37                                | 32                             |
| IEEE Xplore         | 28,38% filtered<br>74   | 50,94% filtered<br>53            | 57,69% filtered<br>26        | 11                 |             |                   |                        |                                   |                                |
| JMIR                | 7,6% filtered<br>263    | 84,36% filtered<br>243           | 73,68% filtered<br>38        | 10                 |             |                   |                        |                                   |                                |
| PubMed Central      | 73,53% filtered<br>3956 | 89,30% filtered<br>1047          | 86,61% filtered<br>112       | 15                 |             |                   |                        |                                   |                                |
| Springer Library    | 60,94% filtered<br>256  | 81% filtered<br>100              | 63,16% filtered<br>19        | 7                  |             |                   |                        |                                   |                                |
| Science Direct      | 32,82% filtered<br>131  | 64,77% filtered<br>88            | 54,84% filtered<br>31        | 14                 |             |                   |                        |                                   |                                |
| Wiley Library       | 43,85% filtered<br>707  | 94,46% filtered<br>397           | 81,82% filtered<br>22        | 4                  |             |                   |                        |                                   |                                |
| <b>TOTAL</b>        | 63,26% filtered<br>5870 | 60,23% filtered<br>2334          | 88,43% filtered<br>270       | 0% filtered<br>69  |             |                   |                        |                                   |                                |
|                     |                         |                                  |                              | 0% filtered<br>69  |             |                   |                        |                                   |                                |

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Finalmente, o terceiro passo foi ler o texto completo, observando os critérios de exclusão CE 4 e CE 5. Após os filtros finais foram contabilizados 32 artigos restantes (ver Apêndice A). Os artigos foram armazenados em um software chamado Mendeley Desktop, e organizados em diferentes coleções de acordo com cada banco de dados de busca.

### 3.3 Resultados do Mapeamento Sistemático

O filtro final resultou em 32 artigos (ver o Apêndice A). Os artigos selecionados foram analisados nesta etapa de acordo com os seus objetivos. Na seleção final, cinco trabalhos (ZHENG et al., 2014; TOUATI; TABISH, 2013; PUNJ; KUMAR, 2018; CHEN et al., 2010; JOVANOVIĆ; MILENKOVIC, 2011) foram revisões sistemáticas e não apresentaram os elementos necessários para serem respondidos de acordo com as questões de pesquisa. Os 27 artigos restantes foram relacionados à coleta ou análise de dados fisiológicos. Os resultados de cada questão de pesquisa são apresentados nesta seção.

#### 3.3.1 QG 1: Como são os ambientes inteligentes que utilizam dados fisiológicos para cuidados de saúde?

Ambientes inteligentes trabalham através de percepções (sensores) e ações (controladores). O ambiente percebe uma determinada situação e atua através de controladores em resposta a

essa situação (COOK; DAS, 2007). Os trabalhos abaixo são descritos para obter uma melhor compreensão de como a percepção e a ação foram efetuadas usando dados fisiológicos.

KWON et al. (2008) propõe um modelo de arquitetura de rede para enviar dados de saúde, tornando os pacotes menores e adaptando a transmissão de forma a reduzir o custo computacional do processo. Esta solução aumenta a segurança na transmissão de dados fisiológicos através da rede. KANG et al. (2008) desenvolveu uma arquitetura para coletar dados fisiológicos e exibi-los através de uma página da Internet. O paciente e o médico podem rastrear os dados em tempo real com acesso adequado. A arquitetura também permite a seleção de parâmetros e a definição de alertas, com base no status de saúde atual do paciente.

KEMP et al. (2008) efetuou o uso de uma rede de sensores para aumentar a segurança em missões de eliminação de bombas. Eles criaram um dispositivo vestível para rastrear batimentos cardíacos, fluxo respiratório e temperatura da pele. Com essa informação, além da temperatura ambiente, um comandante da missão pode detectar o estresse de seus subordinados e decidir se eles são suficientemente capazes de conduzir a missão. HU; CELENTANO; XIAO (2009) propõem um sistema para coletar e analisar dados de eletrocardiograma (ECG) de idosos em uma casa de repouso. O sistema proposto usa uma etiqueta RFID e registra quando um indivíduo idoso toma sua medicação. Toda esta informação está disponível para os cuidadores através de um servidor na casa de repouso.

O estudo de COPETTI et al. (2009) usou uma estrutura para a coleta e análise de contexto de sinais vitais, especificamente, batimentos cardíacos e pressão arterial. O artigo considera o contexto atual dos pacientes, seus valores de sinais vitais e sua localização no sistema de posicionamento global (GPS) para emitir alertas em situações críticas. APILETTI et al. (2009) propõe um modelo que analisa o histórico de contexto do paciente para determinar uma situação crítica. Uma vez que uma situação crítica é identificada, alertas são feitos para serviços de emergência ou pessoas interessadas em monitorar o estado de saúde do paciente.

NIKOLIDAKIS et al. (2010) apresentam um modelo que permite um meio seguro de coletar e enviar dados de saúde. O modelo utiliza padrões de saúde, como IMS (informação médica estática) e HL7 (nível de saúde 7). SUGIMOTO; KOHNO (2011) desenvolveu um sistema que coleta dados de ECG e temperatura da pele para reconhecimento de atividades. O sistema pode prever o status de integridade do usuário usando esses dados. YOUNG et al. (2012) monitorou o ECG durante o sono. O sistema pode definir o status do usuário com base em seu comportamento durante o sono. Todos esses dados podem ser rastreados em tempo real por meio de dispositivos móveis.

HU et al. (2012) usou quatro tipos de padrões pré-estabelecidos de atividades que o paciente pode estar realizando ao medir os dados do ECG. A solução proposta analisa se os dados do ECG do paciente estão acima ou abaixo dos limiares predeterminados. Quando isso ocorre de qualquer forma, o sistema envia alertas para contatos previamente definidos. HUNG et al. (2012) monitorou o ECG usando uma camisa com um sensor e um fotopletismograma (detecção da quantidade de sangue em um vaso) usando um anel. A análise de dados neste caso foi capaz

de detectar riscos relacionados à saúde do coração. Todos os dados podem ser transmitidos por Bluetooth para um computador nas proximidades, onde podem ser exibidos.

CHEN (2012) empregou um processo que coleta os dados de ECG e GPS do usuário e os envia para um centro onde especialistas em saúde o analisam em tempo real para fornecer ajuda, se necessário. CHEN; CHIANG; LEE (2013) monitorou e analisou os sinais vitais (ECG, fluxo respiratório, pressão arterial) dos idosos. Uma técnica de detecção de imagens obtida através do sistema de vigilância foi utilizada, juntamente com dados fisiológicos, para enviar alertas baseados em condições pré-estabelecidas. Estas condições foram modeladas através de uma ontologia.

SALIM et al. (2014) monitorou os sinais vitais dos bombeiros durante o serviço em tempo real. Usando esses dados, bem como os dados de contexto (GPS, temperatura ambiente), foi possível prever a condição física dos bombeiros. Em caso de risco, um alerta é enviado ao comandante da missão. TOUATI et al. (2015) propôs uma plataforma para coletar dados fisiológicos através de uma rede IPV6 de baixa energia. Os sensores podem ser acessados diretamente usando a tecnologia proposta, sem a necessidade de um gateway ou middleware. ADIB et al. (2015) usou um sensor para fluxo respiratório que não precisa ser anexado ao usuário. A técnica funciona calculando a distância entre o sensor (que é fixado em uma parede) e o usuário quando ele inala e exala. MADIAS (2016) desenvolveu uma aplicação para rastrear o ECG através de sensores ligados a um *smartphone*. Após a coleta de dados de ECG, esses dados são enviados para armazenamento em nuvem (também desenvolvido em seu trabalho).

SIDDHARTH; DESHPANDE (2016) propôs uma cadeira de rodas inteligente com monitoramento de batimentos cardíacos, detecção de queda e GPS. A cadeira de rodas funciona em ambientes externos, enviando dados por meio de um sistema global para o protocolo móvel (GSM) para armazenamento em nuvem. ACHOURI; ALTI; ROOSE (2017) descreveram uma estrutura para detectar o comportamento do usuário. Os dados coletados do usuário (ECG, localização interna do RFID) são analisados e, com o uso de ontologias, é possível detectar se o comportamento atual do usuário apresenta um risco para a saúde do usuário. O framework proposto por FERNANDES; LUCENA (2017) permite o monitoramento da temperatura e do batimento cardíaco através do Bluetooth. A análise dos dados por meio de uma arquitetura multiagente envia alertas em caso de um risco detectado. Os alertas são baseados em um limite previamente parametrizado.

CURMI; FERRARIO; WHITTLE (2017) investigou o efeito do uso de dados biométricos entre espectadores esportivos online. Durante uma maratona, cada espectador usou um aplicativo proposto para receber os dados biométricos e de GPS dos atletas. Usando o aplicativo, os espectadores foram capazes de torcer por um dos atletas e o dispositivo vestível do atleta vibra indicando alguém torcendo por ele durante a maratona. Depois que a maratona foi concluída, os pesquisadores conduziram entrevistas com os participantes e analisaram a interação dos espectadores com os 'aplausos' dados usando o aplicativo. O estudo esclarece como os dados biométricos podem afetar o apoio do espectador aos atletas. Um estudo de FURBERG

et al. (2017) introduz um modelo para monitorar policiais em serviço. O aplicativo determina possíveis situações estressantes, permitindo que o comandante da missão monitore os níveis de estresse de seus subordinados.

BARRETO et al. (2018) empregou uma plataforma baseada na seleção de atributos e métodos de classificação para detectar arritmias cardíacas. O método proposto pode alcançar uma precisão de até 90 % no diagnóstico de arritmia. CHOI; SHIN (2018) desenvolveu um serviço personalizado para cuidados de saúde usando dispositivos IoT. O serviço usa o conceito de PHR (registros pessoais de saúde) para armazenar dados de saúde do usuário e pode determinar riscos em tempo real. Finalmente, HASSAN et al. (2019) propôs uma estrutura de monitoramento híbrida em tempo real para usuários com doenças crônicas. Eles empregaram um algoritmo híbrido para analisar batimentos cardíacos, pressão arterial e fluxo respiratório e para detectar riscos em tempo real.

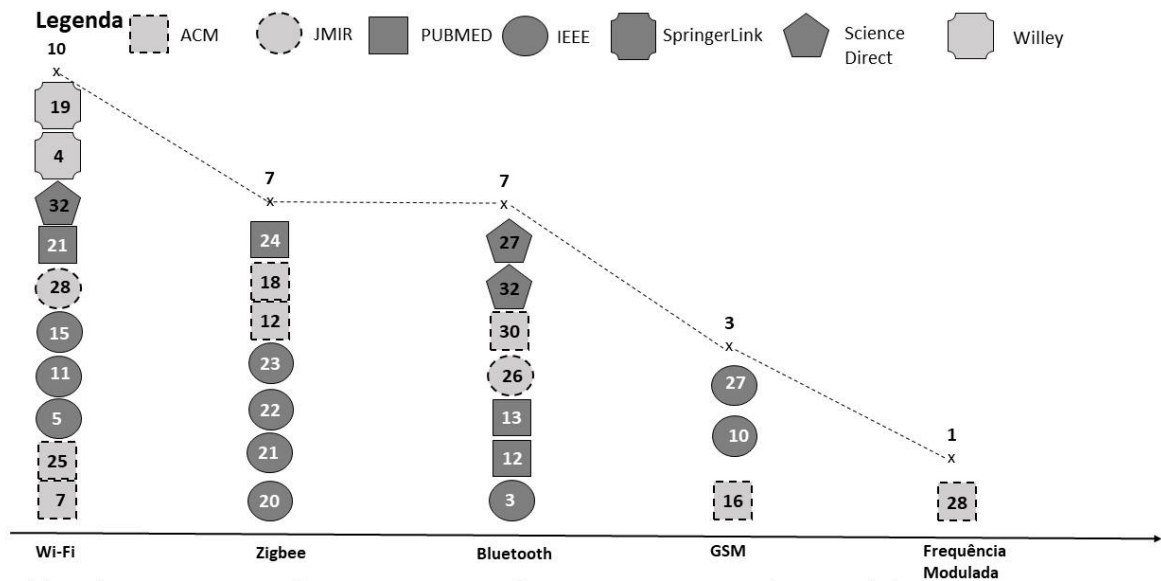
### 3.3.2 QG2: Quais são as técnicas e/ou tecnologias mais utilizadas para a coleta de dados fisiológicos em ambientes inteligentes?

A Figura 7 mostra os tipos de tecnologias de comunicação mais utilizadas nos trabalhos selecionados. Wi-Fi (COPETTI et al., 2009; CHEN; CHIANG; LEE, 2013; FURBERG et al., 2017; ACHOURI; ALTI; ROOSE, 2017; NIKOLIDAKIS et al., 2010; YOUNG et al., 2012; MADIAS, 2016; TOUATI et al., 2015; HASSAN et al., 2019) e ZigBee (SALIM et al., 2014; NIKOLIDAKIS et al., 2010; YOUNG et al., 2012; SUGIMOTO; KOHNO, 2011; KANG et al., 2008; PHAM et al., 2016; KWON et al., 2008) foram os mais utilizados, com Bluetooth (KEMP et al., 2008; FERNANDES; LUCENA, 2017; HU et al., 2012; HUNG et al., 2012; CURMI; FERRARIO; WHITTLE, 2017; CHOI; SHIN, 2018; HASSAN et al., 2019) na terceira posição. O GSM foi usado em três estudos (CHEN, 2012; ACHOURI; ALTI; ROOSE, 2017; SIDDHARTH; DESHPANDE, 2016). Em um caso (ADIB et al., 2015)), um protocolo de comunicação foi criado especificamente para a pesquisa, e descrito pelos autores como "frequência modulada".

### 3.3.3 QG3: Quais são as técnicas e/ou tecnologias mais utilizadas para a análise de dados fisiológicos em ambientes inteligentes?

Entre os artigos selecionados, foram identificados vários tipos comuns de análise, como a análise do contexto atual do paciente (geolocalização, temperatura ambiente) (KEMP et al., 2008; COPETTI et al., 2009), bem como o contexto histórico (APILETTI et al., 2009), onde os valores dos dados fisiológicos do paciente durante um período de tempo são armazenados e analisados como base para determinar se uma situação atual é normal. Também foi encontrado um sistema de classificação (COPETTI et al., 2009; HOSSAIN; MUHAMMAD, 2016; BARRETO et al., 2018; CHOI; SHIN, 2018; HASSAN et al., 2019) no qual a extração dos dados foi

Figura 7: Tecnologias de Coleta de Dados



(1) O número dentro dos símbolos indica a referência para o artigo no apêndice A. (2) Alguns artigos usaram mais de uma tecnologia de comunicação.

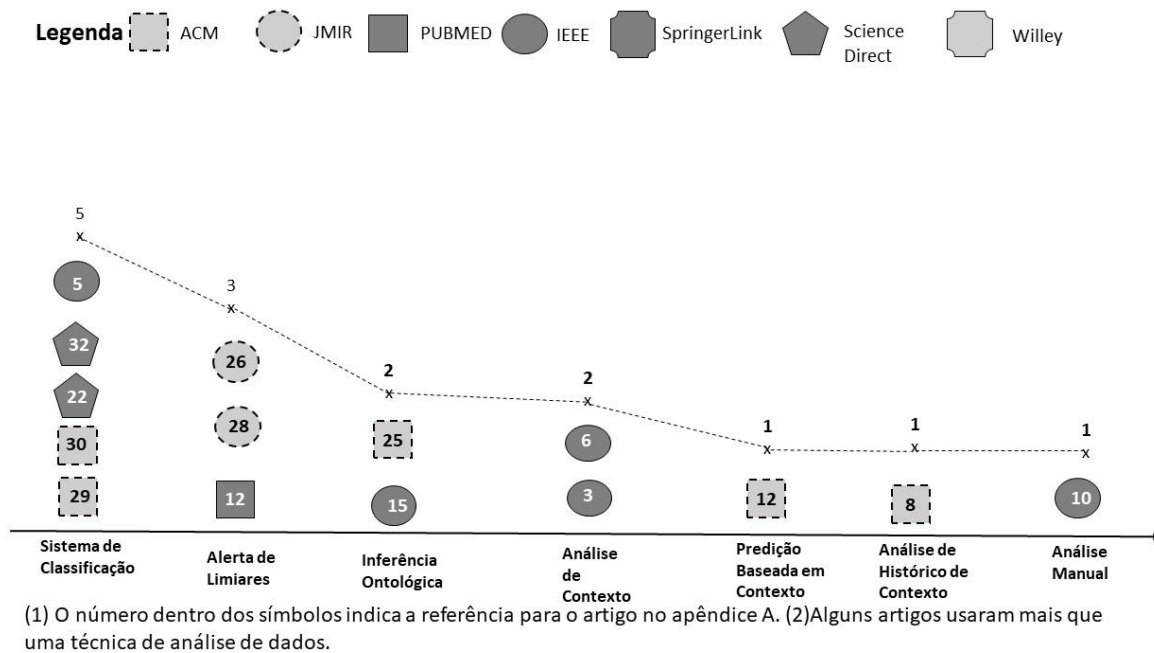
Fonte: Elaborado pelo Autor.

feita e os dados classificados de acordo com o objetivo da proposta. Dois trabalhos de (CHEN; CHIANG; LEE, 2013) e (ACHOURI; ALTI; ROOSE, 2017) usaram a inferência ontológica para recomendar um tratamento, baseado na condição atual do paciente. Em um artigo (CHEN, 2012), os dados coletados foram analisados manualmente em tempo real por uma equipe de profissionais de saúde. Outro artigo (SALIM et al., 2014) usou uma técnica baseada em contexto de previsão. Neste trabalho, dados fisiológicos e não fisiológicos foram analisados para prever possíveis problemas relacionados à saúde do paciente. Finalmente, três estudos (FURBERG et al., 2017; FERNANDES; LUCENA, 2017; HU et al., 2012) identificaram limiares máximos e mínimos pré-estabelecidos para dados de sinais vitais. Quando os dados estiverem fora desses limites, os alertas serão enviados para indivíduos ou serviços de emergência interessados. A Figura 8 mostra os dados extraídos da pesquisa.

### 3.3.4 QE1: Quais são os sinais vitais mais comumente coletados?

Onze diferentes tipos de sinais vitais foram identificados. Os mais comuns foram ECG (CHEN, 2012; CHEN; CHIANG; LEE, 2013; HU et al., 2012; NIKOLIDAKIS et al., 2010; YOUNG et al., 2012; SUGIMOTO; KOHNO, 2011; MADIAS, 2016; HUNG et al., 2012; HU; CELENTANO; XIAO, 2009; TOUATI et al., 2015; HOSSAIN; MUHAMMAD, 2016; BARRETO et al., 2018; CHOI; SHIN, 2018) e frequência cardíaca (COPETTI et al., 2009; SALIM et al., 2014; FURBERG et al., 2017; FERNANDES; LUCENA, 2017; KANG et al., 2008; PHAM et al., 2016; SIDDHARTH; DESHPANDE, 2016; ADIB et al., 2015; KEMP et al.,

Figura 8: Tecnologias de Análise de Dados



Fonte: Elaborado pelo Autor.

2008; APILETTI et al., 2009; CURMI; FERRARIO; WHITTLE, 2017; CHOI; SHIN, 2018; HASSAN et al., 2019). Isso pode indicar uma tendência na área de monitoramento de informações relacionadas à saúde cardíaca. A Figura 9 exibe os sinais vitais mais utilizados nos trabalhos selecionados.

Uma vez identificado como funcionam os ambientes inteligentes para a coleta de sinais vitais, é possível responder as outras questões de pesquisa propostas no trabalho. As próximas questões gerais abordam dados quantitativos de técnicas e comunicação de análise de dados fisiológicos.

### 3.3.5 QE 2: O perfil de usuário é considerado na análise de dados fisiológicos?

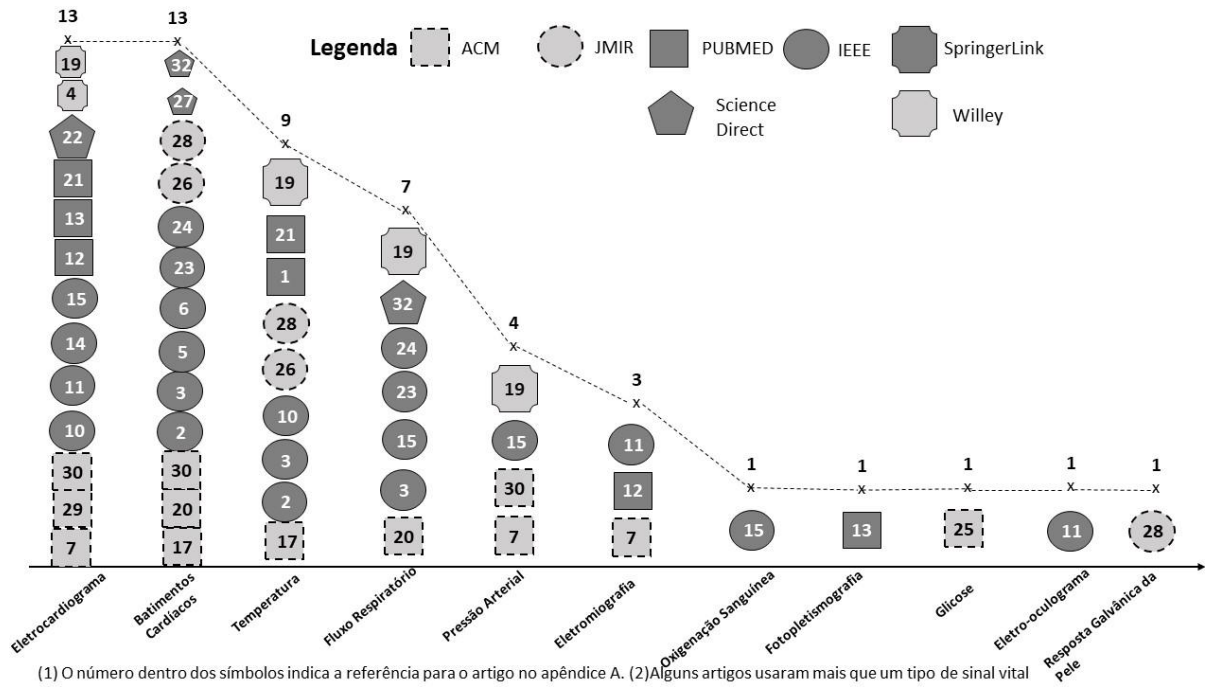
Em um artigo (APILETTI et al., 2009), o modelo considerou perfis de usuários e seus contextos históricos. Os autores propõem uma estrutura na qual os dados de cada sinal vital coletado foram correlacionados com o perfil histórico do usuário, verificando se o sinal vital em questão reflete uma situação crítica ou normal.

### 3.3.6 QET 1: Onde estes estudos foram publicados?

A Figura 10 mostra que os artigos selecionados foram distribuídos em *journals*, conferências e workshops. *Journals* representam 50%, conferências 43,75% e workshops representam 6,25% do total de publicações. Os contextos exatos em que os estudos foram publicados são exibidos



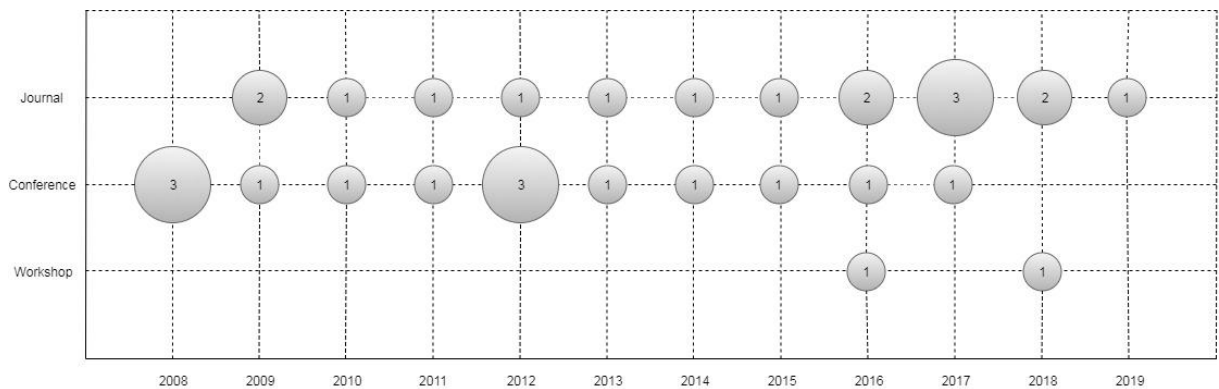
Figura 9: Tipos de sinais vitais



Fonte: Elaborado pelo Autor.

no Apêndice A.

Figura 10: Locais de publicação dos estudos

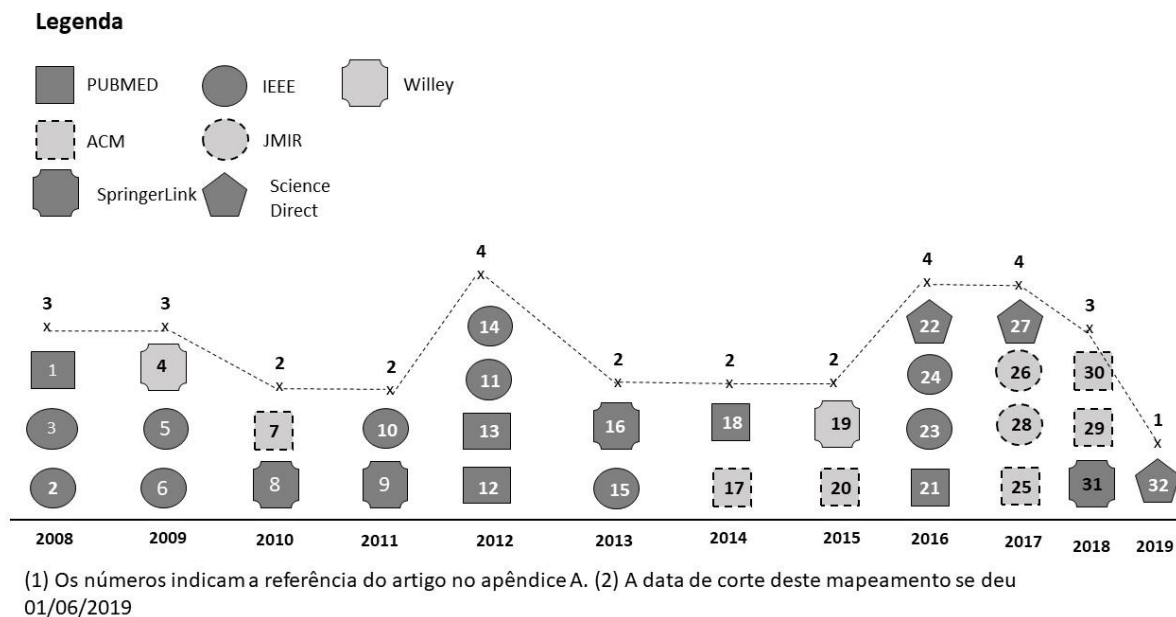


Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.3.7 QET 2: Quantas publicações ocorreram por ano?

A Figura 11 mostra a distribuição de artigos de acordo com o ano de publicação. Os dados foram coletados até abril de 2019, uma vez que o estudo foi desenvolvido durante este ano. A pesquisa na área está em andamento desde 2008, com uma pequena variação de artigos publicados ao longo dos anos.

Figura 11: Quantidade de publicações por ano



Fonte: Elaborado pelo Autor.

### 3.4 Ameaças a validade do mapeamento sistemático

Como qualquer outro estudo de mapeamento sistemático, este trabalho inclui riscos que podem afetar seus resultados. Os riscos são uma consequência das decisões tomadas durante o mapeamento sistemático. Estratégias foram aplicadas para mitigar seus possíveis impactos.

Sete bancos de dados foram pesquisados para garantir resultados mais completos. Essas bases de dados são reconhecidas por sua relevância nas áreas de ciência da computação e saúde. Essa diversidade atenuou o risco de que as fontes de pesquisa limitassem os resultados obtidos.

O processo de busca e os critérios de busca podem ter acesso restrito a artigos, de modo que trabalhos relevantes na área de pesquisa podem não ter sido considerados. Nesse sentido, uma limitação relevante é que, ao longo do processo de filtragem, os artigos foram analisados e selecionados sem um revisor. Este risco foi mitigado pela aplicação das técnicas propostas (PETERSEN et al., 2008; PETERSEN; VAKKALANKA; KUZNIARZ, 2015; COOPER, 2016), que foram aplicadas em trabalhos (GONCALES et al., 2014; DIAS; BARBOSA; VIANNA, 2018; VIANNA; BARBOSA, 2017; DALMINA; BARBOSA; VIANNA, 2019). Além disso, a composição da cadeia de pesquisa considerou dois termos principais na área de pesquisa e três termos sinônimos. Essa estratégia ampliou o escopo da pesquisa e permitiu maior assertividade nos resultados.

### 3.5 Discussão

As soluções tecnológicas aplicadas aos cuidados de saúde podem ser caracterizadas como *eHealth* (CHEN et al., 2010; JOVANOVIĆ; MILENKOVIC, 2011). Os estudos de *eHealth* apresentados no mapeamento realizado no presente estudo significam diferentes objetivos e aplicações. Os estudos revistos neste documento incluem diferentes tipos de extensões no domínio da *eHealth*; elas podem começar com a coleta de dados, passar para a transmissão de dados e depois analisar os dados coletados. Os artigos revisados podem usar dois tipos de extensão ao mesmo tempo. A coleta e transmissão de propostas de dados fisiológicos geralmente exibem e/ou armazenam dados. A coleta e a análise dos dados podem ter um escopo de ação limitado. Transmissão e análise dos dados sem coleta representam trabalhos conceituais. Se a proposta utilizasse as três extensões no domínio da *eHealth* ao mesmo tempo, alcançaria a extensão completa da *eHealth*.

O mapeamento sistemático mostrou um pequeno número de diferenças relacionadas à coleta de dados. Os dados fisiológicos geralmente consistiam em batimentos cardíacos por minuto, temperatura, pressão arterial e/ou qualquer outro dado que pudesse ser medido. Como o paciente provavelmente usou um dispositivo para coletar os dados durante um período específico, eles devem ser confortáveis e não invasivos. Também pode ser útil coletar dados não fisiológicos como GPS, posição do corpo, detecção de quedas e outras informações contextuais que podem ser úteis além dos dados fisiológicos. Os diferentes tipos de dados precisam ser analisados ou armazenados. Para conseguir isso, é importante ter um meio de transmissão confiável.

A comunicação dos dados varia de acordo com o protocolo adotado, pois cada contexto pode precisar de um tipo diferente de transmissão de dados. Geralmente, os meios de transmissão empregados são sem fio, proporcionando mobilidade aos usuários e permitindo que eles transmitam dados dentro de uma área limitada. Esse intervalo pode diferir; a transmissão Bluetooth tem cobertura menor, enquanto as soluções Wi-Fi têm um alcance maior, mas são sempre limitadas pelo roteador mais próximo. A comunicação GSM pode atender a uma área mais ampla e geralmente é o protocolo escolhido em ambientes externos. Se a comunicação não puder funcionar em ambientes externos, isso poderá reduzir a quantidade de dados coletados.

Os dados podem ser armazenados para consultar o histórico do usuário e exibi-los diretamente para profissionais de saúde. A exibição em tempo real dos dados de saúde pode ser uma ferramenta poderosa para antecipar os riscos. Além disso, os dados podem ser analisados, em vez de simplesmente exibidos. A análise pode desencadear uma ação para atenuar um possível risco e melhorar a saúde do usuário. Por exemplo, a análise pode alertar o usuário ou outras pessoas, previamente definidas por eles, sobre quaisquer riscos em potencial. A análise dos dados de saúde pode automatizar as tarefas dos profissionais de saúde, aumentando a efetividade de um serviço de saúde.

Se os dados forem apenas coletados e analisados, sem a transmissão dos mesmos eles poderão apenas funcionar em uma área de alcance limitada. Este tipo de proposta não é encontrado

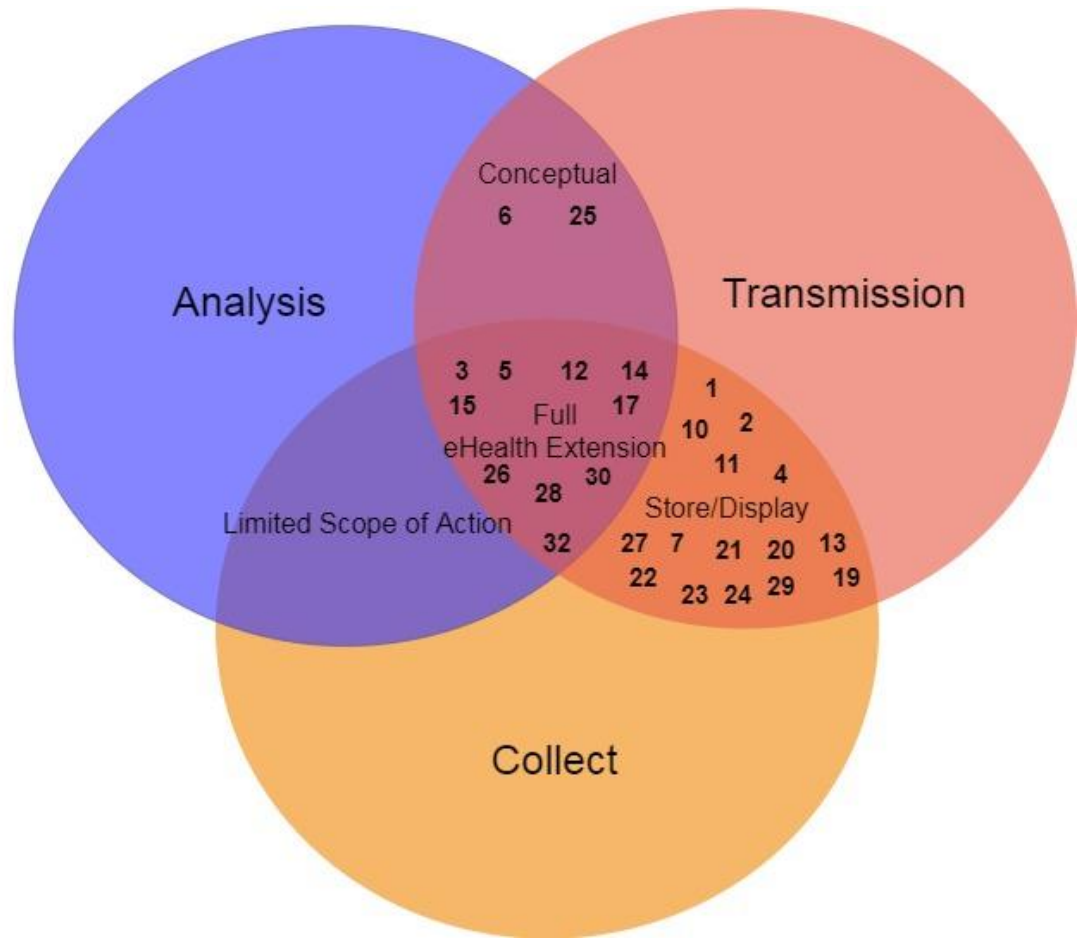
nos artigos revisados e não é uma abordagem comum nos sistemas de *eHealth*. Em trabalhos de prática médica, por ex. consultas médicas regulares, o profissional de saúde recebe os dados e os insere em um sistema para análise. Essa abordagem tem uma área de atuação limitada, pois não utiliza nenhum meio de transmissão. Geralmente, é necessário que uma pessoa insira manualmente os dados, o que pode torná-la impraticável.

Os trabalhos conceituais revisados que compreendem o uso, transmissão e análise são geralmente baseados em modelos, arquiteturas ou frameworks que não coletam dados diretamente de um usuário. Esses estudos (APILETTI et al., 2009; ACHOURI; ALTI; ROOSE, 2017)) propõem um meio de transmissão que considera medidas de privacidade e segurança, além de análise de dados, e geração de alertas em caso de detecção de risco. No entanto, esses trabalhos não coletaram dados fisiológicos, e suas avaliações são baseadas em bancos de dados de dados reais de saúde; no entanto, eles ainda podem fornecer informações engenhosas para análise. Estes estudos têm o potencial para alcançar a extensão completa da *eHealth* e em trabalhos futuros, uma vez que só será necessário desenvolver mais os seus aspectos de coleta de dados.

As soluções que apenas coletam dados fisiológicos, mas não analisam, são soluções do tipo *store/display*. Esses trabalhos (KWON et al., 2008; HU; CELENTANO; XIAO, 2009; NIKOLIDAKIS et al., 2010; SUGIMOTO; KOHNO, 2011; HUNG et al., 2012; YOUNG et al., 2012; TOUATI et al., 2015; ADIB et al., 2015; MADIAS, 2016; PHAM et al., 2016; SIDDHARTH; DESHPANDE, 2016; CURMI; FERRARIO; WHITTLE, 2017) têm como objetivo coletar e exibir dados de saúde para aqueles que necessitam de informações, como serviços de saúde, profissionais de saúde ou o próprio usuário. Geralmente, os dados são armazenados e podem ser recuperados quando necessário para entender melhor o histórico de saúde do paciente.

Finalmente, a extensão completa é alcançada em estudos que coletam, transmitem e analisam dados de saúde. Alguns trabalhos incluídos nesta revisão (KEMP et al., 2008; COPETTI et al., 2009; HU et al., 2012; CHEN, 2012; CHEN; CHIANG; LEE, 2013; SALIM et al., 2014; HOSSAIN; MUHAMMAD, 2016; FERNANDES; LUCENA, 2017; FURBERG et al., 2017; BARRETO et al., 2018; CHOI; SHIN, 2018; HASSAN et al., 2019) fornecem uma solução em cada um dos três pontos do domínio *eHealth*. Os dispositivos vestíveis e as plataformas de integridade geralmente são projetados para um problema específico e podem não funcionar corretamente com diferentes plataformas ou dispositivos. Quando a extensão completa é explorada, uma vez que são todos da mesma origem, esse problema de compatibilidade pode não ocorrer. A interseção desses três pontos pode cumprir todas as extensões de coleta, comunicação e análise. A Figura 12 mostra onde cada artigo desta pesquisa se encontra baseado nas classificações citadas. Os números referem-se à identificação do artigo, mostrada no Apêndice A.

Este trabalho apresentou um estudo de mapeamento sistemático relacionado às tecnologias para coleta e análise de dados fisiológicos em ambientes inteligentes. Durante a pesquisa, desafios e tendências foram identificados. Um dos desafios mais significativos é o uso eficaz de técnicas para a análise de sinais vitais. Além disso, houve esforços significativos de pesquisa

Figura 12: Extensão dos trabalhos *eHealth*

Fonte: Elaborado pelo Autor.

sobre monitoramento cardíaco, denotando esse foco como uma tendência estratégica. Isso faz sentido, já que de acordo com estudos (*WORLD HEALTH ORGANIZATION*, 2017), 17,9 milhões de pessoas morrem a cada ano devido a doenças relacionadas ao coração, número que corresponde a 31% de todas as mortes globais. Pacientes não saudáveis não são os únicos que estão solicitando análise para prevenir ou diagnosticar problemas de saúde; atletas também usam as soluções de *eHealth* (CURMI; FERRARIO; WHITTLE, 2017) para melhorar seus resultados esportivos. A análise de sinais fisiológicos também é usada em situações de alto estresse, por exemplo, no trabalho de policiais (FURBERG et al., 2017), bombeiros (SALIM et al., 2014) e até mesmo em missões de destruição de bombas (KEMP et al., 2008).

Embora a coleta de sinais vitais esteja sendo amplamente utilizada nos trabalhos incluídos, a análise de dados carece do mesmo nível de adoção. Apenas 14 dos 32 estudos selecionados incluíram técnicas de análise de sinais vitais, e apenas 10 dos 14 efetuam a coleta, transmissão e análise dos dados. Entre as tecnologias usadas para comunicar dados, um pequeno número de estudos (CHEN, 2012; ACHOURI; ALTI; ROOSE, 2017; SIDDHARTH; DESHPANDE, 2016) usou tecnologias externas como o GSM.

Tecnologias como Wi-Fi, ZigBee e Bluetooth foram mais usadas em ambientes internos,

devido à conectividade limitada. Ambientes externos geralmente não suportam essas tecnologias. Essa limitação pode reduzir a quantidade de dados gerados pela detecção de sinais vitais. Nesse sentido, as tecnologias de comunicação utilizadas para a coleta de sinais vitais em áreas externas podem melhorar o escopo da ação, permitindo o acompanhamento dos pacientes em tempo real e, conseqüentemente, aumentando a quantidade e a qualidade dos dados coletados.

A comunicação de dados tem seus próprios desafios, como privacidade, segurança e persistência de dados (NIKOLIDAKIS et al., 2010). Mesmo com a cobertura das transmissões de dados sem fio, os sistemas de saúde devem garantir que os dados não serão perdidos, pois podem colocar em risco os usuários que estão sendo monitorados. NIKOLIDAKIS et al. (2010) e TOUATI et al. (2015) consideraram alternativas para quando uma conexão é perdida, como armazenar dados localmente até que a conexão esteja disponível.

Pesquisas de mapeamento sistemático estão expostas a riscos que podem invalidar estudos. Os riscos podem se originar de decisões tomadas durante a realização da pesquisa. Para garantir os melhores resultados, o presente estudo utilizou sete bancos de dados reconhecidos por sua relevância nas áreas de informática e saúde. Essa estratégia permitiu mitigar o risco de bancos de dados afetarem os resultados. O processo de filtragem pode ter restringido o trabalho, de modo que estudos relevantes possam ter sido excluídos. O processo de filtragem baseou-se em uma técnica amplamente adotada em pesquisas acadêmicas sobre mapeamento sistemático (COOPER, 2016), a fim de mitigar esse risco. Além disso, o método de amostragem *snowball sampling* foi usado para encontrar estudos que não aparecem no processo de filtragem.

### 3.6 Considerações sobre o capítulo

Dentre os trabalhos encontrados no mapeamento sistemático 11 foram comparados com o modelo Odin, pois todos seguem o fluxo completo de *eHealth* (coleta, comunicação e análise dos dados coletados). Mesmo assim estes trabalhos ainda exibem lacunas que podem ser exploradas em um trabalho de pesquisa. Na Tabela 2 estão comparadas as principais lacunas deixadas pelos trabalhos mapeados. A comparação considera o quanto da lacuna levantada foi atendida. Em alguns casos as lacunas são atendidas parcialmente, isso ocorre na lacuna 1, devido aos dados de contexto serem apenas coletados e não considerados em uma correlação com os dados fisiológicos. Desta forma a contribuição científica do Odin consiste na coleta adaptativa de contextos de sinais vitais, permitindo a composição otimizada de históricos de contextos.

Este capítulo mostrou que os estudos de pesquisa se concentraram em coletar e monitorar dados de sinais vitais em vez da análise de dados. As condições cardíacas representaram a informação mais observada e, como tal, os estudos geraram dados cardíacos significativos para auxiliar as decisões médicas. Através da análise de uma grande quantidade de dados, é possível prever ou recomendar um diagnóstico ou tratamento nesta área (PITTOLI et al., 2018).

A utilização da extensão total da *eHealth* pode potencialmente melhorar áreas com problemas significativos relacionados com a interoperabilidade. Como as plataformas e soluções

Tabela 2: Lacunas dos trabalhos mapeados

| Número da Lacuna | Descrição da Lacuna  | Atende a lacuna totalmente | Atende a lacuna parcialmente | Não atende a Lacuna   |
|------------------|--|----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| 1                | Considerar e coletar dados não fisiológicos do contexto do usuário para melhor entendimento da sua condição.   |                            | 3,15,17,30                   | 5,12,14,26,28         |
| 2                | Otimizar a coleta de sinais vitais de forma a diminuir o esforço necessário para armazenar os dados coletados. |                            |                              | 3,5,12,14,15,26,28,30 |
| 3                | Economizar recursos computacionais dos sistemas envolvidos na coleta e análise de sinais vitais.               |                            |                              | 3,5,12,14,15,26,28,30 |

podem não funcionar juntas, é importante fornecer um caminho completo para a usabilidade da *eHealth*. A interoperabilidade pode ser benéfica para todos os envolvidos nos serviços de saúde. Para os profissionais, ele pode melhorar a quantidade de dados de saúde disponíveis e, com uma análise adequada, pode automatizar tarefas que geralmente exigem interação humana. Os pacientes podem receber cuidados de saúde no ponto de necessidade e resposta mais rápida em caso de emergência. Hospitais e clínicas podem compartilhar informações de dados fisiológicos sobre os pacientes, negando assim a necessidade de repetir os testes e, assim, reduzir os custos através da implementação e integração.

A melhoria da coleta e transmissão de dados pode ser necessária para evitar a perda de dados, já que ela pode representar um risco para os usuários. Uma preocupação é o uso de energia dos sensores de coleta e sua vida útil da bateria. A baixa autonomia da bateria pode levar a uma perda de dados de saúde. Comunicação indisponível também representa um risco de perda de dados. Os sistemas de saúde da próxima geração devem estar preparados para evitar situações de riscos.

Pesquisas futuras podem explorar a análise de sinais vitais para apoiar a tomada de decisões relacionadas à saúde. Nesse sentido, os sinais vitais coletados pelos aplicativos atuais podem ser formatados como contextos (DEY; ABOWD, 2001) e armazenados em bancos de dados cronológicos, (ROSA et al., 2015) e usados para previsões de contexto (ROSA; BARBOSA; RIBEIRO, 2015). Com base nessas bases de dados, os pesquisadores podem projetar ensaios de técnicas analíticas para verificar sua real eficácia em auxiliar os sistemas de saúde. No próximo capítulo serão abordados os principais conceitos referentes ao modelo Odin, como arquitetura, organização de regras e algoritmos propostos para atingir os objetivos propostos.





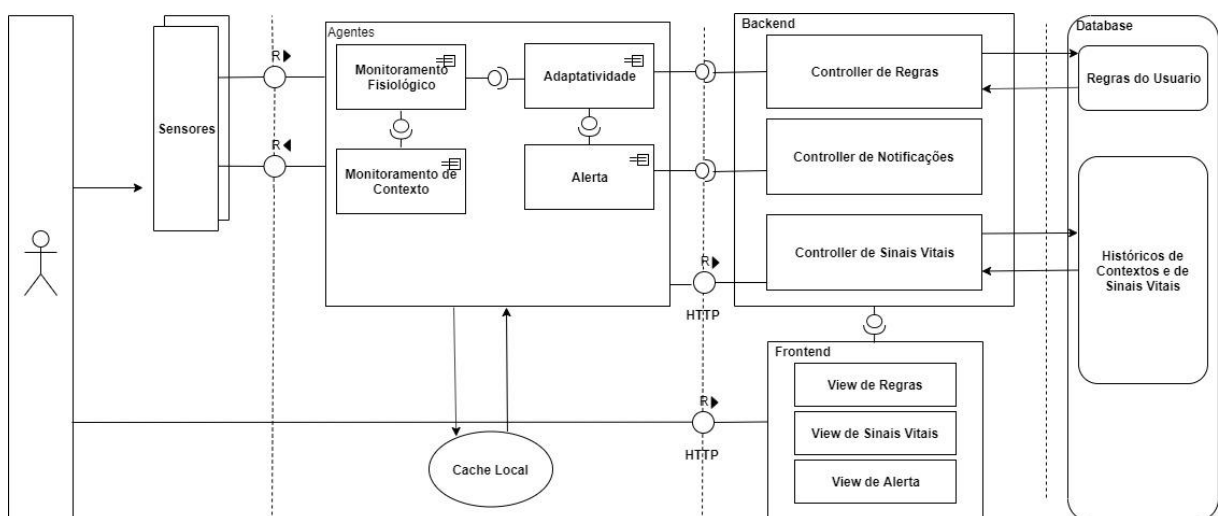
## 4 O MODELO ODIN

O modelo Odin tem como objetivo efetuar coletas adaptativas de sinais vitais de forma a otimizar a geração de históricos de contexto, obtendo mais informações do paciente em situações de risco e uma menor quantidade de informações enquanto o paciente estiver em uma situação regular de sinais vitais. Este trabalho propõe desenvolver os agentes, o *backend*, *frontend* e a integração com uma *database*, sendo a principal parte do trabalho o desenvolvimento do sistema multiagentes utilizando regras "fuzzyficadas". Este capítulo descreve as principais funcionalidades, assim como a arquitetura do modelo Odin.

### 4.1 Arquitetura do Modelo Odin

A Figura 13 mostra a arquitetura do modelo Odin baseada no padrão *Technical Architecture Module* (TAM) da SAP (SAP, 2007). O diagrama de componentes do Odin, conforme Figura 1, é composto por quatro módulos: Agentes, *Backend*, *Frontend* e *Database*. O módulo de Agentes está relacionado a interação com os dispositivos de coleta de sinais vitais. O módulo de *Backend* consiste no *Controller* de regras, de notificações e de sinais vitais. Estes *Controllers* permitem o acesso aos históricos de contextos armazenados no módulo *Database*. O *Frontend* possui as *Views* de regras, de sinais vitais e de alerta, estas *Views* são responsáveis por exibir as informações para aos usuários. Por fim o módulo *Database* armazena os históricos de contextos dos usuários, assim como suas informações pessoais e regras, que são representadas através de um fluxograma e uma ontologia.

Figura 13: Arquitetura Modelo Odin



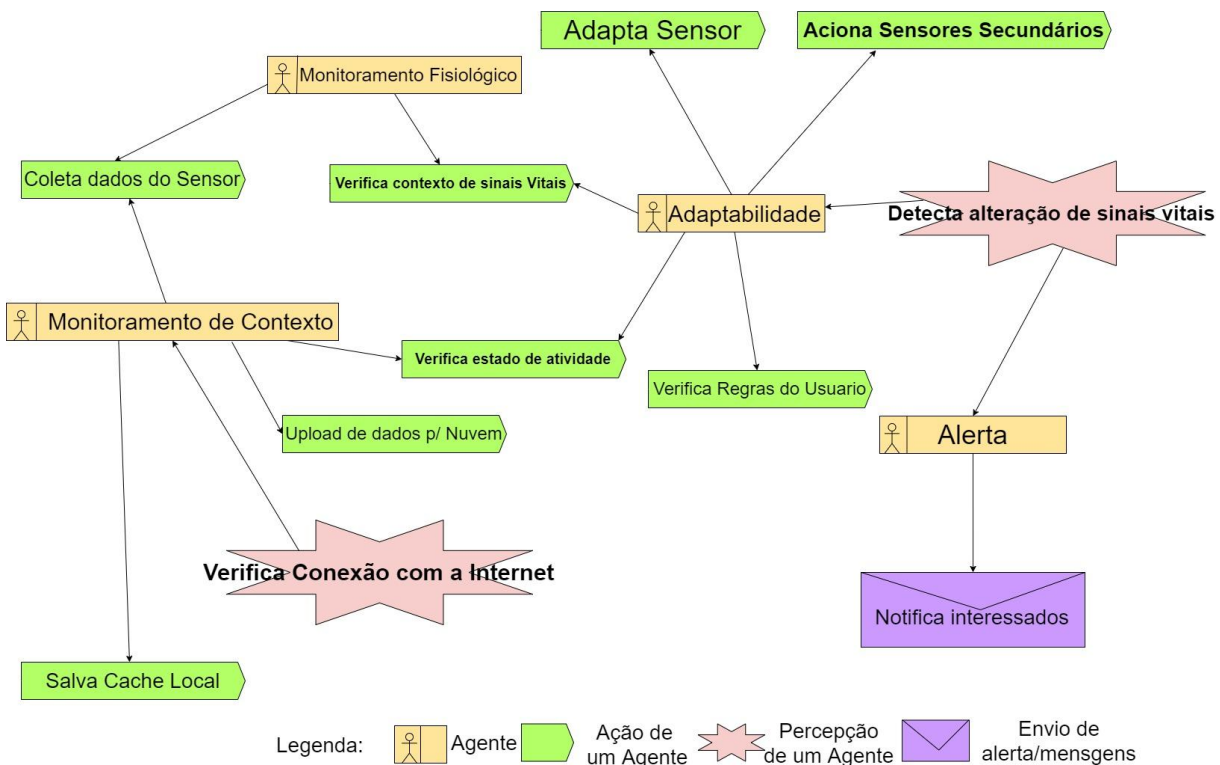
Fonte: Elaborado pelo Autor.

## 4.2 Organização Multiagentes Odin

Por definição, agentes executam tarefas computacionais de forma autônoma, tomando decisão baseado em regras ou parâmetros (NIAZI; HUSSAIN, 2011). Os agentes do Odin foram modelados usando a metodologia Prometheus (PADGHAM; WINIKOFF, 2004). A Figura 9 apresenta o diagrama de visão geral do sistema, no qual cada agente é descrito com suas percepções e ações.

Os quatro agentes são: Monitoramento Fisiológico, Monitoramento de contexto, Alerta e Adaptatividade. O agente de Monitoramento Fisiológico é responsável pela interface de comunicação com os sensores de sinais vitais, disponibilizando os dados coletados para os demais agentes. O agente de Monitoramento de contexto é responsável por coletar informações do contexto atual onde o usuário está inserido, essas informações podem ser relativas a atividade do usuário ou sua localização. O agente efetua esta coleta através de sensores como acelerômetro, giroscópio e GPS, podendo estes estarem no próprio celular ou no dispositivo vestível. O agente de Alerta exibe notificações ao usuário de acordo com as adaptações que estão sendo efetuadas pelo agente de Adaptatividade. No Odin a parametrização da coleta de sinais vitais, se adapta para cada usuário, e podem ser definidos por um profissional de saúde.

Figura 14: Distribuição Multiagentes



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O agente de Adaptatividade efetua dois tipos de adaptações. O primeiro tipo de adaptação ocorre através da alteração do parâmetro de tempo de coleta, denominada Adaptação no Tempo

de Espera (ATE). Se os sinais vitais saírem dos valores considerados regulares (dentro de limites pré-estabelecidos), o agente altera a periodicidade de coleta do sensor para uma maior frequência. Se estes valores continuarem a progredir em direção oposta aos valores regulares, o tempo de espera entre coletas é diminuído ainda mais. Quanto mais próximo dos valores regulares de sinais vitais a coleta estiver, maior será o tempo de espera entre coletas. Com os valores dentro do limiar regular a coleta atinge o tempo de espera máximo. Todas estas alterações são efetuadas automaticamente pelo agente de Adaptatividade.

O segundo tipo de adaptação consiste em acionar um ou mais sensores secundários que porventura estejam em estado de pausa. Esta adaptação tem o nome de Adaptação de Contexto (AC). Se o usuário possuir um dispositivo vestível com mais de um tipo de sensor de sinais vitais, um ou mais destes sensores podem ser definidos como Sensor Primário (SP) e o restante como Sensor(es) Secundário(s) (SS). Isso permite que um SS apenas seja acionado quando um SP estiver fora do limiar de sinais vitais regulares. A AC irá iniciar ou pausar um SS de acordo com o contexto fisiológico do usuário de maneira automatizada. Caso a conexão não esteja disponível, os dados são armazenados em uma cache local. Uma vez a conexão restabelecida o agente envia para o servidor os dados armazenados em cache previamente.

### 4.3 Regras de Adaptação

As regras são representadas através de um fluxograma baseado em evento, condição e ação, conforme mostra a Figura 15. O evento se baseia na coleta de sinais vitais, em seguida é feita a verificação da condição através da inferência em regras, está é feita em três etapas e ao final da verificação da condição, se tem a ação, que seria a adaptação da coleta.

A primeira etapa verifica qual a condição de estado do usuário (em repouso ou em movimento), a segunda etapa, verifica o perfil do usuário, identificando se ele é um adulto, uma criança ou um idoso. Com base nessas informações é possível verificar a terceira etapa, de forma a utilizar o padrão correto de condições fisiológicas do usuário.

Uma vez determinada a condição fisiológica do usuário, a mesma pode ser classificada em estado regular ou estado de alerta (alterações de sinais vitais fora do limiar normal). A Figura 16 mostra as condições fisiológicas de um usuário representadas através de uma ontologia com classes, subclasses e instâncias. Esta ontologia de representação é utilizada para demonstrar que cada perfil de usuário pode utilizar um diferente conjunto de regras para determinar seu estado de risco. De forma que cada perfil é analisado no fluxograma de regras, detectando o risco adequadamente para o seu contexto.

A classe Usuário representa um indivíduo. Esta classe possui 2 subclasses, que são chamadas de Masculino e Feminino. Estas subclasses são divididas em mais 6 subclasses de acordo com o perfil do usuário. Masculino é dividido em CriançaMasculino, AdultoMasculino e IdosoMasculino. Por sua vez, a subclasse Feminino, possui as subclasses CriançaFeminino, AdultoFeminino e IdosoFeminino. As subclasses possuem instâncias que contemplam os sinais vitais

Figura 15: Regras de Adaptação



Fonte: Elaborado pelo Autor.

de um usuário.

Os tipos de estado de cada sinal vital foram adicionados como instâncias. Cada instância está associada a um perfil de usuário, que pode ter valores diferentes, uma vez que a taquicardia de um idoso possui valores diferentes aos de uma criança. A subclasse Temperatura Corporal possui os seguintes tipos: febre (temperatura corporal elevada), hipotermia (temperatura corporal baixa) ou temperatura corporal regular. A subclasse Pressão Arterial possui os tipos: hipertensão (pressão arterial elevada), hipotensão (pressão arterial baixa) ou pressão arterial regular.

Por fim, a subclasse Batimentos Cardíacos possui os tipos: taquicardia (Batimentos cardíacos elevados), bradicardia (batimentos cardíacos baixos) ou batimentos cardíacos regulares. A padronização dos tipos e valores de sinais vitais segue as definições propostas pelo Ministério da Saúde (Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, 2003).

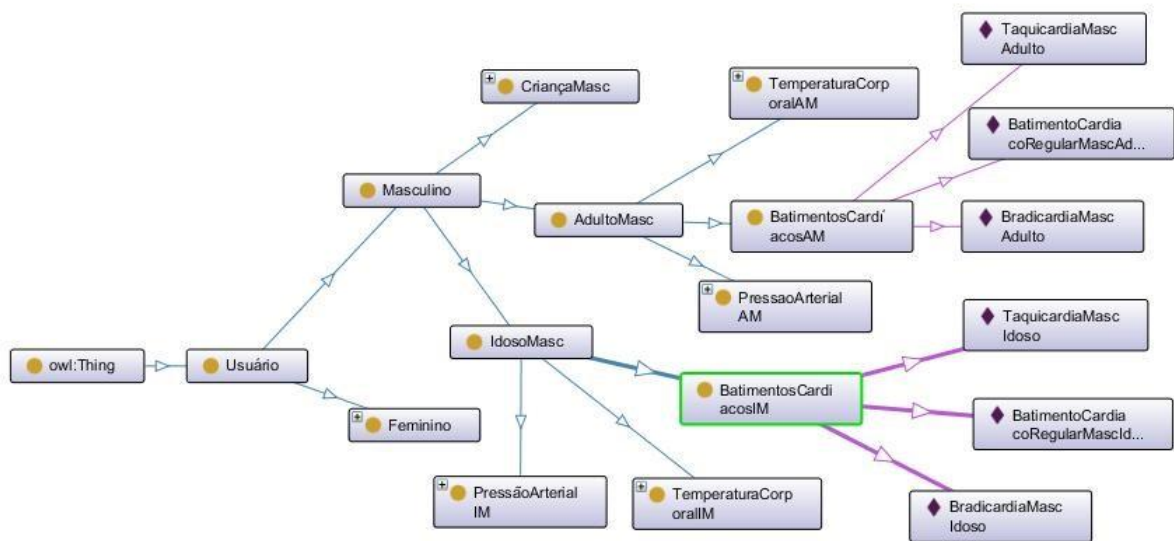
#### 4.4 Fuzzyficação das regras

A utilização de agentes aliada ao mapeamento de possíveis condições fisiológicas em forma de regras, permite efetuar uma inferência da condição de saúde do usuário. Para verificar o nível da condição do usuário utilizando lógica fuzzy, se faz necessário um cálculo da diferença do valor de sinais vitais aferido em relação ao limiar normal daquele tipo de sinal vital, conforme a fórmula descrita pela equação 1. Estes limiares podem variar de acordo com o perfil do usuário (idade, gênero) (VOSS et al., 2015).

$$sinalVitalFuzzyficado = \frac{sinalVitalAferido - limiarSinalVital}{limiarSinalVital} \quad (1)$$

O valor obtido pode ser um número real de 0 a 1, onde 0 seria correspondente a um valor exatamente igual ao limiar e 1 um valor crítico, 100% distante do limiar. Para o cálculo e inferência das regras, mais informações podem ser relevantes, como o estado de atividade do

Figura 16: Ontologia de Condições Fisiológicas



Fonte: Elaborado pelo Autor.

usuário ou o seu grau de sedentarismo. Estudos (KRAUS et al., 2001; JOHNSON et al., 2019) alertam para a importância do exercício no impacto da saúde mental. Dessa forma informações sobre o grau de sedentarismo do usuário se tornam informações contextuais importantes.

Porém essas informações são bastante subjetivas e para correlacionar com valores de sinais vitais o ideal seria expressar um valor numérico para estas condições. Neste ponto a fuzzyficação de contexto se faz necessária.

Para utilizar lógica fuzzy a fim de determinar o nível de atividade de um usuário, torna-se necessário calcular a diferença em milissegundos de uma incidência de movimento para outra. Esta incidência pode ser obtida através de um acelerômetro presente em dispositivos vestíveis ou *smartphones*. Por exemplo um usuário em uma caminhada moderada possuirá um valor em milissegundos alto, enquanto um usuário correndo, possuirá um número baixo devido à maior intensidade da atividade.

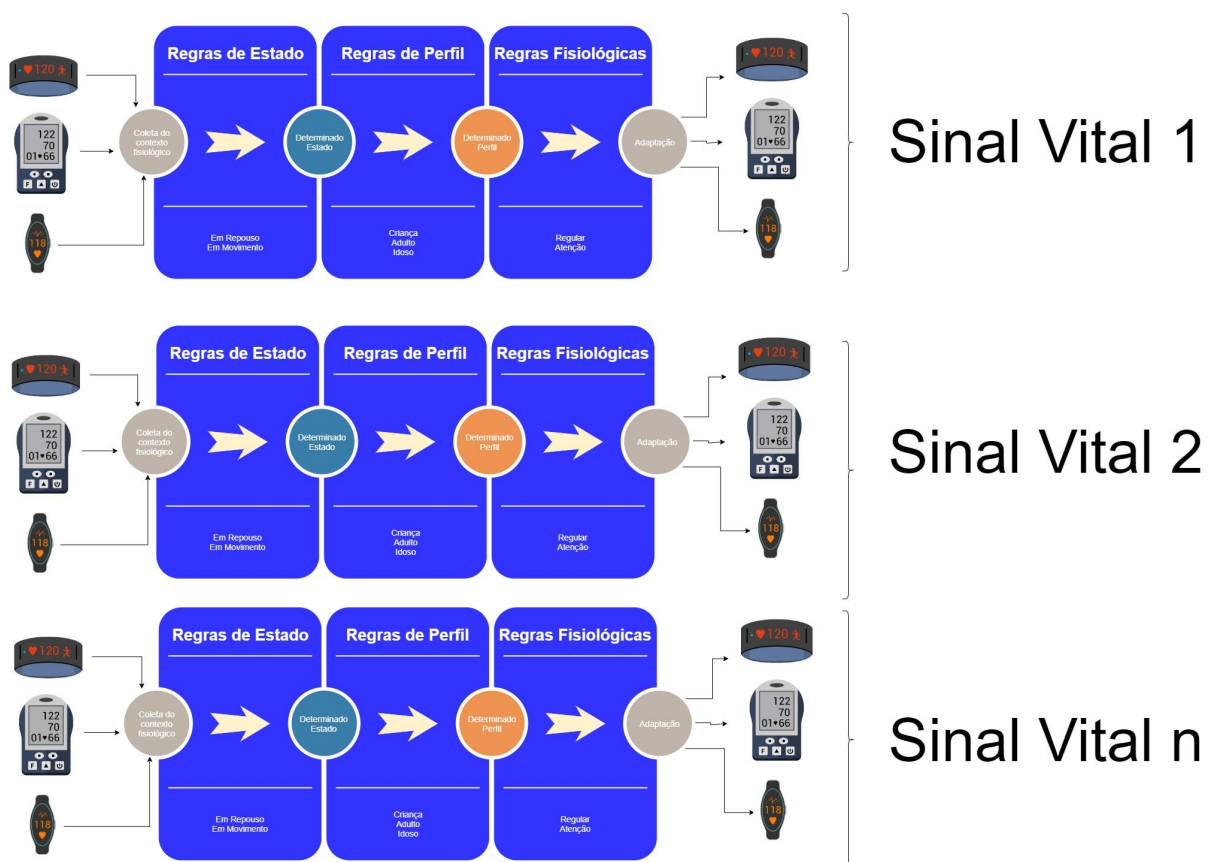
Um exemplo de uma incidência de atividade neste caso poderia ser a diferença de tempo em milissegundos de dois passos dados por um usuário. Para estimar quantas incidências desta atividade são feitas por minuto é necessário encontrar a razão de 60000 (1 minuto em milissegundos) pela diferença de tempo entre os passos. Através do número de passos por minuto é possível definir a intensidade (MIER; FEITO, 2006; AINSWORTH et al., 2011; BASSETT et al., 2010) da atividade através de um limiar onde 0 seria referente a um usuário parado e 1 seria o usuário em altíssima intensidade, conforme fórmula de cálculo da atividade descrita na equação 2.

$$atividadeFuzzyficada = \frac{60000/diferencaEntrePassos}{limiarAtividade} \quad (2)$$

Com estas duas informações é possível detectar informações como falsos positivos. Um usuário com batimentos cardíacos acima de 100 pode ser considerado taquicárdico, porém se o mesmo está em movimento, a intensidade da atividade é considerada, através de um cálculo de média ponderada entre os valores fuzzy, evitando que a inferência da regra gere um alerta ou faça uma adaptação quando não exista uma situação fora dos padrões normais de sinais vitais.

A verificação destas regras é replicada para cada sinal vital aferido do usuário em um determinado momento. A Figura 17 mostra que para cada sinal vital haverá geração de um valor fuzzy que poderá variar entre 0 e 1.

Figura 17: Geração Fuzzy para cada sinal vital



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Para calcular um risco de elevação de sinal vital como o de estresse por exemplo, é necessário fazer a média de todos os valores fuzzy. Baseado neste número final, obtém-se o valor referente ao risco de estresse do usuário. As adaptações previstas serão efetuadas baseadas neste número. Em sistemas fuzzy geralmente são utilizados conjuntos para determinar uma saída de acordo com o valor fuzzy obtido (PAN et al., 2019).

No caso deste trabalho cada saída é uma adaptação diferente. Quanto maior o nível de estresse, mais sensores secundários serão ativados para maior coleta de informações. As adaptações compreendem o conjunto fuzzy conforme Tabela 3.

Juntamente com a modelagem fuzzy, foi desenvolvido dois algoritmos para efetuar as adap-

Tabela 3: Conjunto Fuzzy com as adaptações previstas para detecção de estresse

| Valor Fuzzy | Dados a serem coletados   |
|-------------|---|
| 0% ~ 20%    | Apenas a Variação de Frequência Cardíaca(VFC)                           |
| 21% ~ 40%   | Frequência Cardíaca(FC) e VFC   |
| 41% ~ 60%   | FC, VFC e Localização <i>Indoor</i> ou <i>Outdoor</i>                   |
| 61% ~ 80%   | FC, VFC, Localização <i>Indoor</i> ou <i>Outdoor</i> e Pressão Arterial |
| 80% ~100%   | FC, VFC, Localização GPS, Pressão Arterial e envio de alertas.          |

tações. Um algoritmo é utilizado para a determinar o valor fuzzy de uma coleta de sinais vitais e outro para adquirir o nível de intensidade de uma atividade física. Com estes dois valores é possível verificar falsos positivos, isto é, casos onde os sinais vitais estão fora do limiar normal. Caso o usuário esteja efetuando uma atividade física intensa o valor fuzzy gerado da média entre o sinal vital e a atividade compensa através de um valor fuzzy baixo de atividade física.

A obtenção do valor do sinal vital fuzzyficado pode ser observado no algoritmo 1. Este processo tem como entrada o valor de sinal vital obtido e o limiar de sinais vitais de acordo com o perfil do usuário. Em seguida o valor de sinal vital lido é subtraído do limiar, este número é transformado em número absoluto para efetuar a parte final do cálculo que consiste em dividir este valor absoluto pelo limiar. Assim obtém-se um número real de 0 a 1, onde quanto mais próximo de zero menor risco e quanto mais próximo de 1, maior o risco.

---

#### Algoritmo 1: Sinal Vital Fuzzyficado

---

**Input:** SinalVital, Limiar

**Output:** SinalVitalFuzzyficado

- 1 Início;
  - 2 Fuzzy = SinalVital - Limiar;
  - 3 Fuzzy = valorAbsoluto(Fuzzy);
  - 4 SinalVitalFuzzyficado = Fuzzy/Limiar;
  - 5 Retorna SinalVitalFuzzyficado;
  - 6 Fim
- 

Para detectar o nível de intensidade do usuário é usada a lógica presente no algoritmo 2. Este algoritmo tem como entrada o *Timestamp* da incidência atual e anterior de movimento no acelerômetro, assim como o limiar de atividade do usuário, este número de limiar é baseado na idade do usuário e é um número representado através de número de passos por minuto, onde quanto mais passos por minuto, mais intensa é a atividade. Inicialmente se obtém a diferença em milissegundos da incidência de duas atividades, esse valor então é convertido para quantas incidências podem ser feitas em 1 minuto. Essa conversão é alcançada através da razão de 60000 milissegundos e do valor subtraído anteriormente. Por fim é efetuado a razão das incidências por minuto em relação ao LimiarDeAtividade do perfil do usuário.

---

**Algoritmo 2: Atividade Fuzzyficada**

---

**Input:** TSIncidênciaAnterior, TSIncidênciaAtual, LimiarDeAtividade**Output:** AtividadeFuzzyficada

- 1 Início
  - 2  $AtividadeMiliseg = TSIncidênciaAtual - TSIncidênciaAnterior$
  - 3  $IncidênciasPorMinuto = 60000 / AtividadeMiliseg$
  - 4  $AtividadeFuzzyficada = IncidênciasPorMinuto / LimiarDeAtividade$
  - 5  $TSIncidênciaAnterior = TSIncidênciaAtual$
  - 6 Retorna AtividadeFuzzyficada
  - 7 Fim
- 

#### 4.5 Considerações sobre o Capítulo

Este capítulo propôs um modelo denominado Odin para coleta adaptativa de sinais vitais. Dentre outros aspectos, o Odin contribui para geração otimizada de históricos de contextos de dados fisiológicos, bem como contribui para o tempo de vida da bateria dos dispositivos vestíveis empregados no monitoramento. Para a criação do modelo, foram levados em conta as lacunas deixadas pelos trabalhos relacionados, de forma a encontrar funcionalidades ainda não oferecidas como a coleta de sinais vitais que se adapta ao contexto do usuário. Parâmetros especializados poderiam trazer melhores soluções para problemas específicos de acordo com a necessidade do usuário. Esses parâmetros podem ser inseridos como regras, permitindo um ganho na análise e na adaptação da coleta dos dados de sinais vitais. Também foram delimitadas as regras em lógica Fuzzy assim como explanado o conjunto Fuzzy como saída para as adaptações. No capítulo seguinte, serão abordados os aspectos relevantes a avaliação do sistema proposto, como a implementação de protótipos, resultados obtidos e comparativos envolvendo estes resultados.



## 5 ASPECTOS DE AVALIAÇÃO

De forma a responder à questão de pesquisa, foi desenvolvida uma avaliação do modelo. Foram utilizados seis tipos de avaliações organizados em três grupos. Dentro do primeiro grupo foram desenvolvidos três cenários onde a geração de dados se obteve através de simulação.

- Grupo 1-Simulação - Cenário 1: Simulação de cenário de um usuário que busca apenas mapear seu nível de estresse. O objetivo desta avaliação é monitorar um usuário em seu cotidiano, sem a aplicação de um contexto específico.
- Grupo 1-Simulação - Cenário 2: Cenário em um contexto de usuário que pratica esportes. Essa simulação tem como objetivo avaliar o uso do modelo em um contexto de um atleta amador.
- Grupo 1-Simulação - Cenário 3: Cenário de contexto *indoor* onde usuários trabalham em uma indústria. Para esta simulação o objetivo é coletar e analisar os dados de quatro operadores da indústria e como a adaptação na coleta de dados podem melhorar a sua segurança na função exercida.

No segundo grupo de avaliações, o modelo foi aplicado em uma base de dados fisiológicos reais. Utilizando estes dados como se estivessem sendo coletados de um usuário observou-se a redução da quantidade de requisições devido à adaptatividade.

- Grupo 2- Base de Dados: Utilização de um *dataset* de sinais vitais, estes dados foram coletados em ambiente hospitalar de pacientes na UTI (LIU; GÖRGES; A JENKINS, 2011). Esta avaliação foi desenvolvida para verificar o comportamento do modelo ao utilizar dados fisiológicos reais.

No terceiro grupo de avaliação, foram efetuados mais dois experimentos utilizando um protótipo de coletas de sinais vitais, assim como uma cinta de monitoramento cardíaco disponível no mercado. O protótipo foi desenvolvido em Arduino e a cinta de monitoramento cardíaco utilizada foi a Polar modelo H7. Em ambos os casos também foi utilizado uma aplicação de controle, onde a adaptação de requisições não era efetuada. Com a aplicação de controle foi possível comparar as diferenças entre uma coleta adaptativa e uma coleta regular de sinais vitais.

- Grupo 3 - Coleta de sinais vitais - Arduino: Coleta através de um protótipo desenvolvido em Arduino. Essa avaliação tem como objetivo de verificar a viabilidade do modelo proposto e o seu funcionamento em um ambiente real.
- Grupo 3 - Coleta de sinais vitais - Polar H7: Coleta através de uma cinta de monitoramento cardíaco. O objetivo desta avaliação é de verificar a coleta e o funcionamento da aplicação em um dispositivo vestível disponível no mercado.

Para melhor entendimento das avaliações as mesmas serão apresentadas nas seções e subseções a seguir. Através deste conjunto de avaliações pretende-se responder à questão de pesquisa do trabalho.

### 5.1 Casos de uso através de cenários

Para a avaliação de aplicações ubíquas e sistemas sensíveis ao contexto, uma das alternativas é a utilização de cenários (BARBOSA et al., 2018; CARPENTIERI et al., 2020). Fazendo uso dessa estratégia, foram criados 3 cenários simulados para a avaliação do Odin. Nestes cenários considera-se o uso de um app para dispositivos móveis chamado Odin App pelos usuários. O aplicativo conectado via Bluetooth com os dispositivos vestíveis dos usuários faz as adaptações propostas na coleta de sinais vitais. Todas as avaliações, mapearam dados de contexto que podem influenciar o estresse do usuário, exibindo os valores fuzzyficados separadamente. A tela de exibição destes valores é exibida na Figura 18.

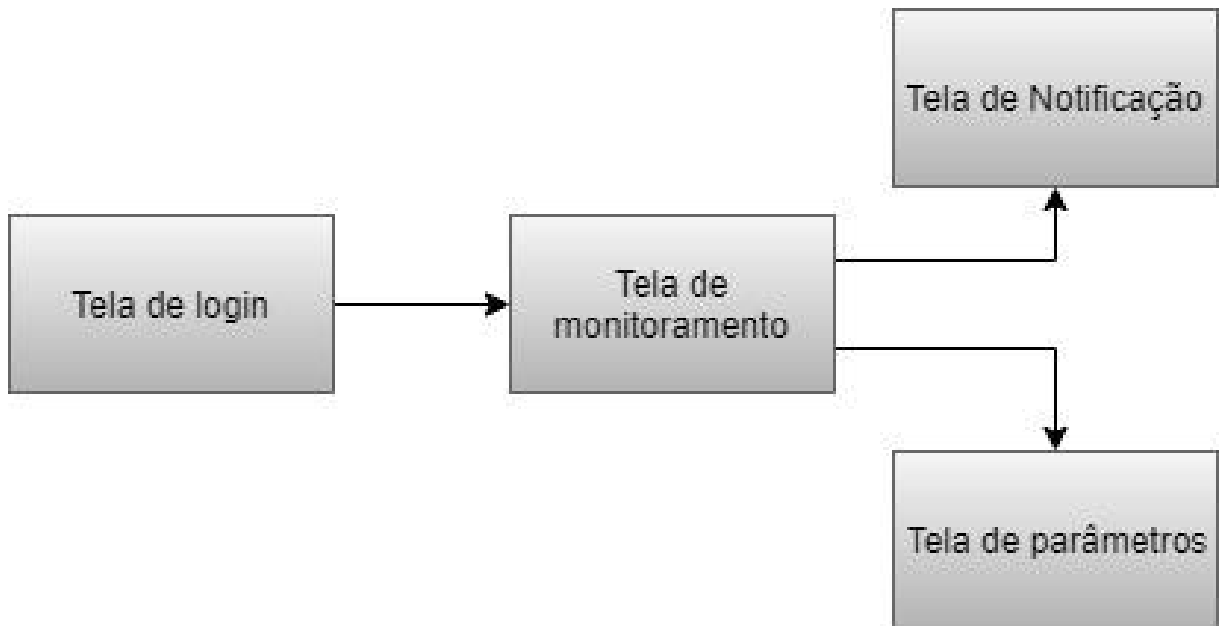


Figura 18: Tela de Notificações

Para o desenvolvimento deste aplicativo, assim como do aplicativo de controle foram utilizadas as linguagens JAVA (Android) e C# (Xamarin). Em conjunto com estas linguagens foram utilizadas bibliotecas de comunicação com bluetooth *low energy* (BLE). Também foi utilizado um Arduino Uno, um Arduino Node MCU ESP8266 e um Arduino ESP32 que já possui o recurso de BLE. O fluxo de uso deste aplicativo é exibido na Figura 19.

A utilização deste app necessita de um servidor para acesso e armazenamento dos históricos de contextos de sinais vitais através de um banco de dados SQL. A condição do usuário é verificada na tela de monitoramento. Se o sensor principal estiver fora dos padrões determinados, o aviso de adaptatividade é ligado, alertando o usuário e iniciando a coleta dos sensores

Figura 19: Fluxo de uso do Odin App



Fonte: Elaborado pelo Autor.



Figura 20: Adaptação Desligada



Figura 21: Adaptação Ligada

secundários. A tela de monitoramento é exibida com e sem a adaptatividade ligada nas Figuras 20 e 21.

O Odin App permite a alteração dos parâmetros de coleta (tempo de espera e valores mínimos e máximos de sinais vitais) pelo usuário ou por um especialista da área da saúde. Para a possibilidade de avaliação na simulação proposta, foram definidos valores que permitissem a execução do experimento. Cada coleta de sinais vitais efetuada consome 0,1% de bateria. O tempo de espera entre as coletas foi definido como 30 segundos para um valor normal de sinais

vitais e 1 segundo para uma condição fora do limiar normal de sinais vitais (estado de alerta). Estes parâmetros foram aplicados nas três simulações, porém estes valores podem ser definidos ou alterados por um profissional da saúde.

Não foi encontrado um valor padrão para este tempo de coleta, enquanto que um monitoramento em uma unidade de terapia intensiva (UTI) pode ser efetuada com diferença de milissegundos entre uma coleta e outra (SEN-GUPTA et al., 2019), a coleta de sinais vitais efetuadas manualmente por profissionais da saúde pode ser efetuada apenas algumas vezes por dia (MACAPAGAL et al., 2019). Optou-se neste trabalho por um tempo de coleta baixo, para atender de forma mais próxima possível o caso da UTI. Nas próximas seções serão descritos os três cenários utilizados na avaliação.

### 5.1.1 Cenário 1

O primeiro cenário simula um usuário que apenas deseja monitorar seus dados de sinais vitais. Para isso ele utiliza o Odin App, conforme descrito no cenário 1. Os dados de sinais vitais foram gerados por uma simulação. Para os cenários 1 e 2 a simulação iniciava com os valores de 80 batimentos por minuto para frequência cardíaca (FC) e 750ms de variação de frequência cardíaca (VFC). Os valores de sinais vitais, assim como a detecção de atividade foram gerados uma vez por segundo. Essa geração ocorria através do valor atual mais um número aleatório que poderia ser -10, 0 ou 10 para VFC. Dessa forma a alteração de sinais vitais ocorria de forma linear evitando alterações muito bruscas da coleta.

Cenário 1: "José de 66 anos gostaria de monitorar o seu nível de estresse durante o seu dia a dia. José utiliza um dispositivo vestível com monitor de variação de frequência cardíaca e dos batimentos cardíacos em conjunto ao Odin App no seu *smartphone*. Durante o dia José enfrenta situações de estresse que são mapeadas pelo Odin app. Ao analisar as situações durante o final do dia, José verifica o contexto onde as situações de estresse ocorreram, podendo atuar sobre estes contextos de forma a gerenciar melhor o seu estresse durante o dia a dia."

Observa-se que na aplicação deste cenário o usuário consegue mapear as variações dos sinais vitais observados. Através deste mapeamento o médico e o usuário podem acompanhar a situação de saúde em tempo real, possibilitando uma melhor tomada de decisão ao escolher um tratamento.

### 5.1.2 Cenário 2

O segundo cenário se refere a uma usuária que pratica atividades físicas. Onde a usuária gostaria de monitorar seu desempenho durante a prática de seu esporte.

Cenário 2: "Rachel, 27 anos, costuma praticar corrida quase todos os dias. Infelizmente Rachel já sofreu lesões devido a prática intensa do seu esporte. A usuária possui um dispositivo vestível de monitoramento cardíaco, o qual também monitora a variação de frequência cardíaca.

Para evitar novas situações de estresse que podem gerar lesões, Rachel utiliza seu dispositivo vestível em conjunto com o Odin App. Quando Rachel começa a correr seu nível de estresse aumenta gradativamente. Quando nível de estresse fica muito alto, Rachel para de correr de forma a se poupar e possivelmente prevenir uma lesão. Além disso, a adaptação da coleta de sinais vitais, teve por consequência o aumento da autonomia de bateria do vestível, diminuindo a necessidade de Rachel ficar constantemente carregando seus dispositivo móveis."

Neste cenário a usuária consegue verificar quando se encontra em uma possível situação de estresse devido a prática de um exercício físico. Além de ser alertada a respeito de uma possível situação de risco, a usuária também terá poder de acompanhar o seu progresso ao longo do tempo, uma vez que os dados coletados são salvos.

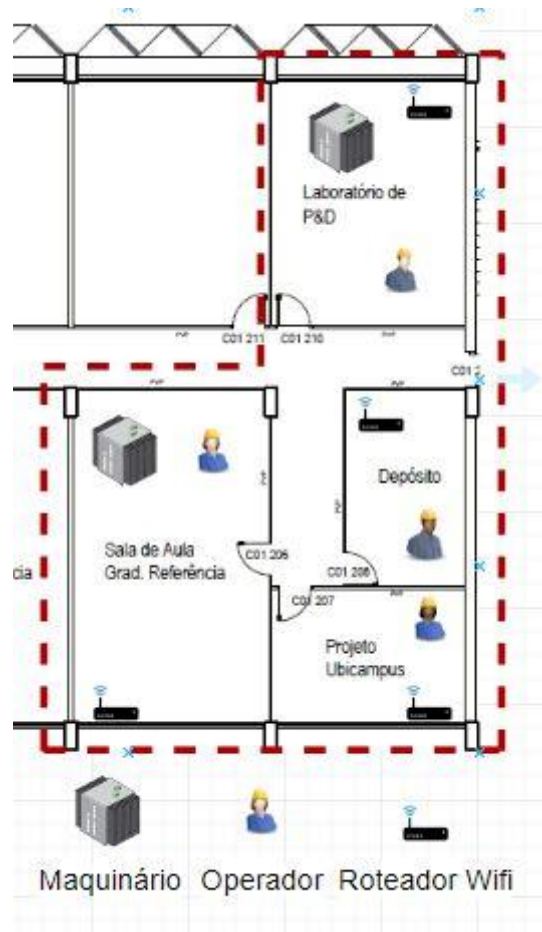
### 5.1.3 Cenário 3

Especificamente, o Cenário 3 consiste no monitoramento de sinais vitais que podem indicar alterações no estresse de funcionários em um ambiente de indústria 4.0, conceitualmente este ambiente consiste em diversas entidades (dados de ambiente, dos maquinários e de pessoas) gerando dados ao longo do tempo e alimentando um histórico de contextos (SHARPE et al., 2019). Os dados obtidos de usuários dentro deste ambiente de contexto industrial consideram a coleta fisiológica de forma a obter informações de saúde do usuário, como estresse por exemplo. Este tipo de monitoramento pode ser chamado de *Smart Connected Workers* (OH; PARK, 2016). O monitoramento de estresse pode ser um fator importante para entender e atenuar alguns problemas dentro de uma indústria. Estudos já foram efetuados delimitando a influência do estresse na atenção do usuário às tarefas realizadas no dia a dia (BOOTH; SHARMA, 2009). Esta falta de atenção pode tornar o usuário vulnerável a acidentes de trabalho (LEUNG; LIANG; OLOMOLAIYE, 2016) e estes acidentes por sua vez além de causarem prejuízos financeiros para a empresa e físicos para o operador, podem afetar a eficiência da empresa (SOEGOTO; NARIMAWATI, 2017).

O ambiente industrial utilizado na simulação consiste em quatro áreas diferentes. Foi simulada a geração de sinais vitais de quatro funcionários que transitam por estes ambientes, de forma a detectar seu estresse durante a realização de tarefas. Além das simulações de sinais vitais, foi definida uma possível rota de movimentação dos usuários no interior da fábrica. Para melhor entendimento, a simulação foi desenvolvida considerando que as salas do laboratório Mobilab, localizado no segundo andar do prédio C01 da Unisinos, fossem os ambientes de uma indústria, conforme a Figura 22.

Este cenário tem como base o real funcionamento de uma empresa. Por questões de confidencialidade esta empresa preferiu não ser identificada, dessa forma neste trabalho ela será chamada de Ind. LTDA. A Ind. LTDA possui uma planta industrial, com cerca de 500 metros de largura por 100 metros de comprimento, além disso esta empresa funciona 24 horas por dia e 7 dias por semana, através de turnos de trabalho.

Figura 22: Ambientes de monitoramento industrial



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Por conta da confidencialidade da empresa Ind. LTDA, não foi possível replicar a sua planta fabril neste trabalho, dessa forma a realidade de ambientes foi transposta para algumas salas na Universidade do Vale do Sinos (Unisinos). Uma vez detectada as redes sem fio do Mobilab, a aplicação detecta a triangulação dos sinais e informa a localização indoor referente a sala do Mobilab que o usuário está no momento. Ou seja, cada vez que um usuário sair de uma sala e entrar em outra sua localização é mapeada através do Odin App.

Apesar de transitarem entre as diferentes áreas os funcionários ficam a maior parte do tempo em seus próprios setores. O ambiente 1 consiste em uma área fabril com exposição a temperaturas elevadas e ruídos sonoros provenientes de maquinários industriais. O ambiente 2 possui temperatura elevada e ruídos elevados de forma esporádica e não constante como o ambiente 1. O ambiente 3 consiste em uma sala de controle de produção, sendo esta climatizada, porém ainda vulnerável a ruídos devido a proximidade dos ambientes 1 e 2. Já a sala 4 seria um ambiente administrativo climatizado e sem ruídos.

Outro fator importante é a detecção de localidade do usuário dentro de um ambiente fechado. Uma alternativa é a utilização de triangulação de sinais wi-fi do ambiente, pois através

da força dos sinais de roteadores wireless é possível determinar a localização *indoor* do usuário (TürKYILMAZ et al., 2008; SILVA et al., 2010; ARAI et al., 2019). Cada sala possui um roteador wi-fi permitindo a triangulação dos sinais e consequentemente a detecção da localização *indoor* dos usuários. Através deste dado é possível à aplicação determinar o ambiente que o usuário está no momento, conforme Figura 23. Esta abordagem de detecção indoor também já foi utilizado em outros estudos (SILVA et al., 2010; BARBOSA et al., 2016, 2018). Neste trabalho a localização dos usuários foi determinada a partir de uma rota estabelecida que é baseada no setor e função do operador.

Figura 23: Tela de monitoramento do ambiente *Indoor*



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Devido a um elevado número de acidentes de trabalho, foi realizado uma força tarefa na Ind. LTDA que visava atenuar este problema. Um dos maiores fatores que ocasionavam isso era a falta de comunicação entre os mais de 500 funcionários da empresa. Muitas vezes acidentes aconteciam em um turno e não eram informados para o turno seguinte da mesma área. Se fossem em um ambiente comum a mais de uma área o problema de comunicação era ainda maior, muitas vezes demorando semanas até uma área saber que havia ali, um risco no ambiente de trabalho.

Além disso a empresa também detectou que havia muitos "quase acidentes", onde um operador ficava muito próximo de se machucar. Cada vez que uma situação assim ocorria, esta era chamada de incidente de trabalho, enquanto uma queda ou uma situação que causasse algum tipo de dano ao operador era chamada de acidente.

Como resultado desta força tarefa foi determinado um método para informar os acidentes, melhorando a comunicação entre funcionários. Tanto o acidente como o incidente eram infor-

mados em um formulário de papel e depositados numa urna. A equipe de segurança do trabalho lia os formulários da urna e tomava ações. Neste contexto que foi inserida a simulação do cenário 3. Foi definido que em caso de acidentes ou incidentes, a localidade *indoor* seria um fator de risco que poderia disparar uma adaptação da coleta de dados, não apenas de sinais vitais, mas também do ambiente (temperatura, nível de ruído) assim como dados do maquinário próximo (se um operador escorrega e foi detectado que havia óleo vazando de um equipamento, aqui pode ser detectada a causa do acidente ou incidente).

Com uma situação de risco ocorrendo em um determinado local da planta fabril, uma regra é criada e replicada para todos os outros operadores, onde quanto mais próximo da área de risco, maior tipo e quantidade de dados do contexto seriam coletados. Caberia a equipe de segurança do trabalho da empresa determinar quando a situação fosse mitigada para excluir a regra do sistema evitando assim, falsos positivos.

A seguir é exibido o terceiro cenário. Este foi construído baseado em um ambiente industrial real de forma a monitorar as informações de trabalhadores e dados de contexto deste ambiente.

Cenário 3: "Alan, Martina, Rodrigo e Jéssica trabalham na Ind. LTDA. A unidade fabril possui diversos funcionários e tem sofrido com problemas de afastamento dos seus empregados por conta de problemas de saúde mental e/ou acidentes de trabalho. Essa fábrica é dividida em diversos ambientes, alguns com maior exposição a situações de estresse. De forma a mitigar esses problemas e com o uso de Odin App em conjunto a um dispositivo vestível e o uso de localização *indoor*, foi verificado um momento em que Alan estava em uma situação de estresse, o aplicativo pode alertá-lo, assim como pode alertar Rodrigo que é seu supervisor. Rodrigo e Jéssica, mesmo não trabalhando o tempo todo em ambientes fabris, também mapeiam o nível de estresse durante o dia, uma vez que transitam por todos os ambientes. A partir disso é possível efetuar ações como sair do ambiente com mais incidência de estresse buscando normalizar os valores de dados fisiológicos. A adaptação do Odin considerou os dados fisiológicos do usuário, o contexto de local do usuário, a temperatura do ambiente e o nível de ruído. Dessa forma em uma situação onde os sinais vitais ficam fora do limiar normal, o Odin começa a coletar estes dados e quando o usuário volta aos limiares normais de sinais vitais o app adapta a coleta novamente apenas para aquisição dos dados fisiológicos. Em caso de acidentes de trabalho um dos funcionários pode indicar a localidade do mesmo, de forma que esta localização crie uma regra para os outros operadores monitorados, de forma que a cada vez que o usuário se aproxime de uma possível área de risco, mais dados do usuário e do contexto fabril sejam coletados, permitindo aos demais interessados entender os fatores que causaram o acidente e até prevenir novos operadores de sofrer danos por um problema que já ocorreu. Com o alerta de um possível risco em um ambiente Alan é alertado e se movimenta até o ambiente 3, permitindo que a equipe de segurança de trabalho investigue o risco e libere a área."

No cenário 3 a localização era gerada automaticamente para cada um dos usuários, e a alteração de sinais vitais era maior em ambientes mais estressantes e menor em ambientes sem altas temperaturas ou ruídos de maquinários. No ambiente 1 e 2 as alterações de VFC eram de



Tabela 4: Lista de Movimentações e coleta de dados Cenário 3

| Usuário | Nível Estresse Fuzzy | Localização | Risco do Maquinário Fuzzy | Temperatura Ambiente | Nível de Ruído | Data/Hora           |
|---------|----------------------|-------------|---------------------------|----------------------|----------------|---------------------|
| Alan    | <b>19%</b>           | Ambiente 1  | <b>5%</b>                 | 37°                  | 80Db           | 23/01/2020 14:43:57 |
| Alan    | <b>26%</b>           | Ambiente 1  | <b>50%</b>                | 39°                  | 80Db           | 23/01/2020 14:44:27 |
| Alan    | <b>17%</b>           | Ambiente 3  | -                         | 23°                  | -              | 23/01/2020 14:44:47 |
| Martina | <b>15%</b>           | Ambiente 2  | <b>2%</b>                 | 33°                  | 73Db           | 23/01/2020 14:44:59 |
| Martina | <b>17%</b>           | Ambiente 2  | <b>8%</b>                 | 32°                  | 74Db           | 23/01/2020 14:44:59 |
| Martina | <b>14%</b>           | Ambiente 4  | -                         | 23°                  | -              | 23/01/2020 14:44:59 |
| Rodrigo | <b>16%</b>           | Ambiente 3  | -                         | 23°                  | -              | 23/01/2020 14:45:29 |
| Rodrigo | <b>15%</b>           | Ambiente 3  | -                         | 23°                  | -              | 23/01/2020 14:45:59 |
| Jéssica | <b>13%</b>           | Ambiente 4  | -                         | 22°                  | -              | 23/01/2020 14:46:29 |
| Jéssica | <b>13%</b>           | Ambiente 4  | -                         | 22°                  | -              | 23/01/2020 14:46:29 |

-20, 0 ou 20, já as de batimentos cardíacos eram de -2, 0 ou 2. enquanto nos ambientes 3 e 4 as variações eram as mesmas encontradas nos cenários 1 e 2. Em caso de detecção de estresse o usuário seria informado da situação, através de seu smartphone, cabendo a ele/ela tomar a decisão de descansar por alguns minutos ou até mesmo sair dos ambientes que poderiam estar afetando seu nível de estresse.

Ainda no cenário 3 os dados dos maquinários encontrados nos ambientes 1 e 2 eram observados, estes dados consistiam em: Equipamento em operação (verdadeiro ou falso), valor de pressão dos motores internos do maquinário(em Bar), temperatura do equipamento(em C°). Além disso havia também o monitoramento das informações do ambiente como temperatura (em C°) e nível de ruído(em Decibéis). Estas informações são de fato coletadas pela Ind. LTDA. em sua unidade fabril e por isso foram selecionadas para serem incluídas na simulação. Essas informações são importantes para evitar acidentes. Caso o maquinário esteja com um valor de pressão muito alta, este pode estourar uma mangueira podendo queimar um usuário próximo. Por outro lado, um valor muito baixo de pressão, pode indicar um possível vazamento, o que pode ocasionar quedas de um usuário que estiver transitando pelo ambiente.

A Tabela 4 representa a movimentação dos usuários e a coleta de dados de seu ambiente naquele momento. Também são coletados seu nível de estresse, assim como o nível de risco do maquinário no ambiente em que eles estão. Os níveis de risco são obtidos por um cálculo fuzzy, observa-se que o cálculo se dá através dos valores considerados regulares para a pressão interna do equipamento, onde 1,5 Bar seria um valor ideal. Tanto valores acima deste limiar quanto abaixo podem oferecer riscos aos usuários. Além disso vale ressaltar que nos ambientes 3 e 4 não existem maquinários, o que impossibilita medir o nível de risco.

## 5.2 Avaliação com dados de pacientes

Também como forma de avaliação, foi utilizada um *dataset* de sinais vitais (LIU; GÖRGES; A JENKINS, 2011), de forma a efetuar a análise e adaptatividade através de dados reais. O limiar regular de sinais vitais leva em conta o padrão de referência proposto pelo Ministério da Saúde (Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde, 2003).

Os dados monitorados neste *dataset* consistem em batimentos cardíacos e pressão arterial. A utilização de dados reais pode sugerir uma alteração de sinais vitais mais próxima de uma situação real, permitindo uma melhor avaliação da adaptatividade de dados fisiológicos.

Para esta avaliação foram definidas alguns parâmetros. No *dataset* utilizado, o contexto fisiológico do usuário foi coletado durante 3 horas. O tempo de espera entre as coletas foi definido como 10 segundos para um valor abaixo de 20% de estresse e 1 segundo para uma condição acima disso. Também foi definido que o SP seria o de VFC, enquanto os sensores de batimentos cardíacos e pressão arterial foram definidos como SS. Com a adaptação foram efetuados 3590 requests em comparação as 10761 requisições sem adaptação, uma redução de 66,64%.

A adaptação conseguiu monitorar o mesmo período, reduzindo o número de requisições quando o usuário se encontrava em uma situação regular. Por outro lado, aumentou a frequência de requisições em um momento que pudesse representar risco. Foram detectadas 7 alterações de estado do usuário dentro do período de 3 horas de coletas. Estas alterações influenciaram no nível de estresse do usuário, permitindo acionar as adaptações previstas no conjunto de regras fuzzy.

## 5.3 Casos de uso com dispositivos vestíveis

De forma a avaliar o modelo através de coletas em tempo real, utilizou-se um protótipo de dispositivo vestível em Arduino, assim como uma cinta de monitoramento cardíaco disponível no mercado, a Polar H7.

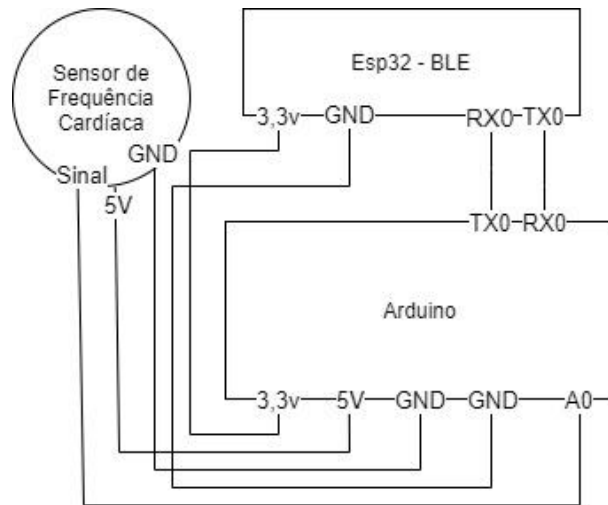
### 5.3.1 Coleta com Protótipo em Arduino

Para a coleta de sinais vitais foi desenvolvido um protótipo de hardware utilizando Arduino uno. Em conjunto com o Arduino foram utilizados um *shield* bluetooth ESP32 e um sensor de frequência cardíaca. Também foi utilizado um suporte de pilhas AA para alimentar o dispositivo durante o seu uso. A Figura 24 exibe as ligações efetuadas entre os sensores e Arduino.

A utilização do protótipo se deu através de uma braçadeira de celular e utilizado na altura do pulso conforme Figura 25. O sensor de frequência cardíaca foi preso ao dedo indicador com ajuda de uma fita. O suporte de pilhas e o *shield* bluetooth ficaram presos dentro da braçadeira.

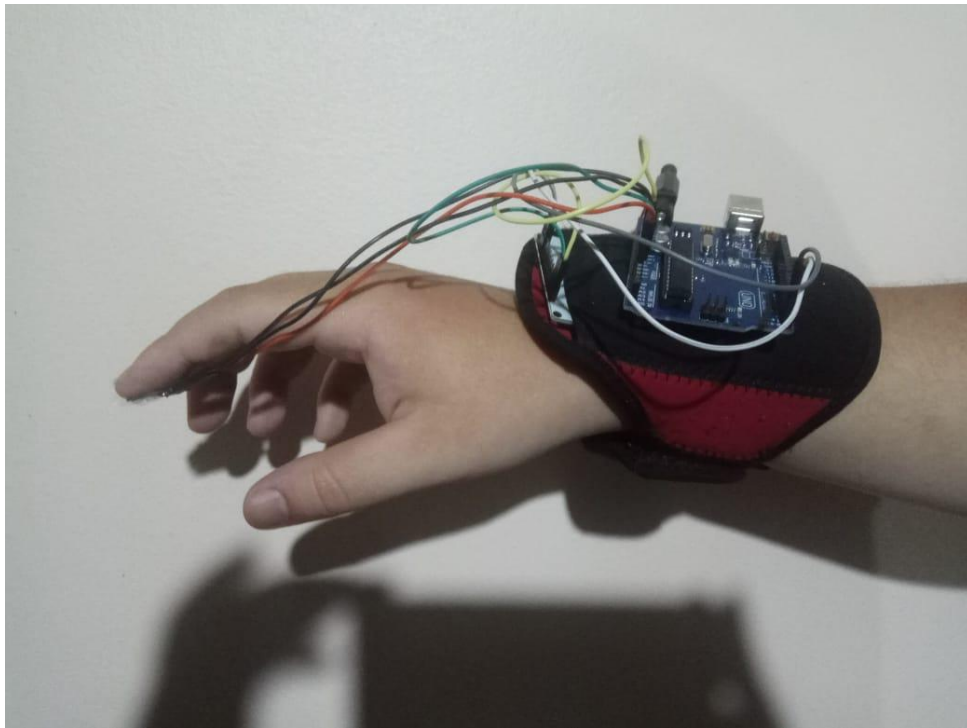
Este experimento utilizou 4 pilhas AA recarregáveis a fim de alimentar o protótipo. Os

Figura 24: Ligação entre dispositivos do protótipo de hardware



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Figura 25: Utilização do protótipo



Fonte: Elaborado pelo Autor.

testes foram executados duas vezes utilizando o app com adaptação e mais duas vezes utilizando o aplicativo de controle. Os resultados obtidos podem ser observados através da Tabela 5 de comparativo das coletas.

Fazendo uma média entre as duas coletas, verificou-se um aumento de cerca de 18% na autonomia de bateria do dispositivo. Por outro lado, o número de requisições foi 47,72% menor em comparação ao experimento sem adaptação.

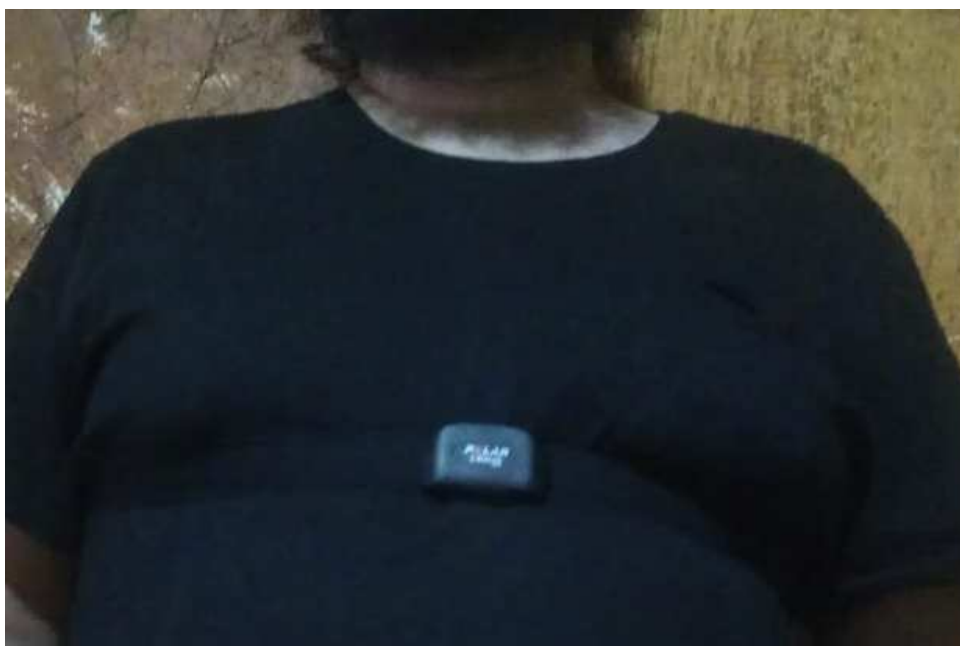
Tabela 5: Comparativo entre coletas com e sem adaptação - Arduino

|                         | Requisições de Sensores | Autonomia de bateria do protótipo |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Teste 1 - Com adaptação | 31245                   | 27,2 horas                        |
| Teste 2 - Com adaptação | 30747                   | 26,8 horas                        |
| Teste 1 - Controle      | 64398                   | 22,1 horas                        |
| Teste 2 - Controle      | 65491                   | 22,9 horas                        |

### 5.3.2 Coleta com a Polar H7

A polar H7 é uma cinta cardíaca que deve ser utilizada sobre ou dentro da camisa do usuário conforme Figura 26. Para a avaliação através deste dispositivo vestível, foi possível apenas observar a autonomia de bateria do *smartphone* utilizado, uma vez que o vestível não disponibiliza acesso ao seu total de bateria.

Figura 26: Utilização da Polar H7



Fonte: Elaborado pelo Autor.

Novamente foram efetuados dois testes utilizando a adaptação e mais dois testes sem adaptação através da aplicação de controle. A duração dos testes ficou limitada ao tempo de autonomia de bateria do *smartphone*, conforme Tabela 6 .

## 5.4 Discussão

Por meio da aplicação dos cenários foi possível verificar os resultados da simulação. No cenário 1 José pode verificar quando foi exposto a situações de estresse. No cenário 2 foi possível identificar quanto tempo Rachel ficou com alto nível de estresse durante a prática

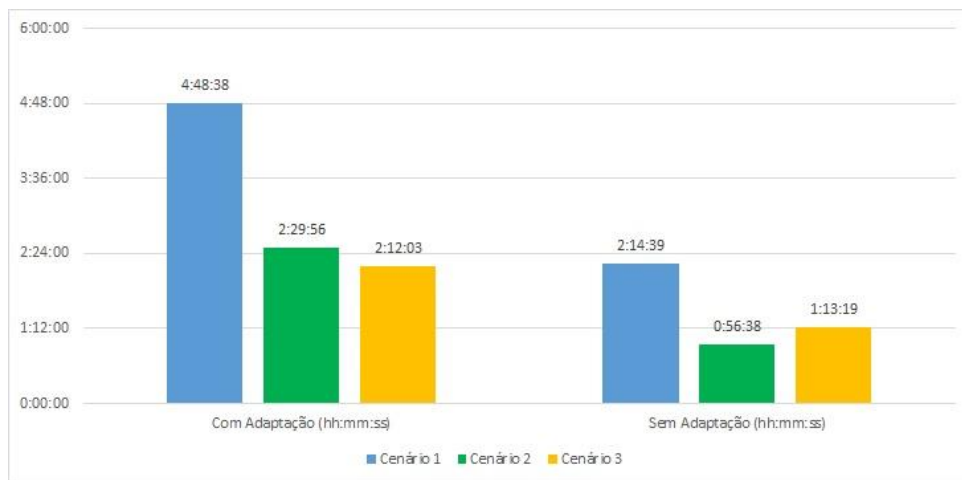
Tabela 6: Comparativo entre coletas com e sem adaptação - Polar H7

|                         | Requisições de Sensores | Autonomia de bateria do protótipo |
|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|
| Teste 1 - Com adaptação | 18176                   | 15,2 horas                        |
| Teste 2 - Com adaptação | 16531                   | 14,2 horas                        |
| Teste 1 - Controle      | 27589                   | 12,1 horas                        |
| Teste 2 - Controle      | 26580                   | 11,9 horas                        |

do esporte. Já no cenário 3 foi possível mapear o nível de estresse dos usuários dentro de um contexto de uma unidade fabril, assim como detectar riscos no ambiente de trabalho, este risco adaptou a coleta para coletar mais informações do maquinário e avisar usuários próximos, possibilitando assim que um acidente ou incidente não ocorra.

Por consequência da adaptação a autonomia de bateria dos dispositivos presentes nos cenários 1 e 2 foi aumentada. No primeiro cenário houve um aumento de 114%, já no segundo cenário foi encontrando um aumento de 164% de autonomia de bateria enquanto no terceiro cenário houve uma média de 80% de aumento da bateria considerando os 4 usuários do cenário. Este valor foi obtido através da comparação de sinais vitais com e sem adaptação, obtida através do app de controle, conforme ilustrado pela Figura 27.

Figura 27: Comparativo de Cenários



Fonte: Elaborado pelo Autor.

O segundo grupo de avaliações utilizou dados reais obtidos de pacientes em UTI. Usando esses dados foi possível verificar a adaptação através de uma coleta de dados reais ao invés de dados simulados. O que se observa nessa avaliação é que existe uma redução proporcional de requisições de coleta de dados em relação ao tempo que o usuário fica em uma situação que não demonstre risco.

Por fim o terceiro grupo de avaliação, demonstra uma coleta em tempo real e o quanto de economia de bateria isso pode representar em uma situação prática. O que se observou ao analisar os dados obtidos foi de que em uma situação real o gasto de energia pode ser maior do que o que havia sido imaginado através de uma simulação.

Em uma situação real o consumo normal do smartphone pode interferir a economia de bateria. O constante uso do dispositivo de coleta também pode fazer com que as baterias não tenham sempre a mesma performance, o que também afeta o consumo de energia destes dispositivos.

Por fim observa-se que o ganho em bateria no primeiro grupo de avaliações teve um ganho de 80% em comparação a mesma solução sem a adaptação. No segundo grupo, utilizando dados reais o ganho em consumo foi de 66%. Por fim em uma situação real a média de ganho foi de 18%.

## **5.5 Considerações sobre o Capítulo**

Ao realizar a avaliação foi possível identificar quanto tempo o usuário fica em uma possível situação de risco através da análise dos históricos de contextos de sinais vitais, uma vez que este histórico é alimentado pela coleta adaptativa de dados fisiológicos. Durante o estudo também foi possível utilizar de dados reais de sinais vitais através de um *dataset*, para verificar a eficiência do modelo e por conta da redução de requisições efetuadas, foi possível fazer uma estimativa de redução de bateria em dispositivos vestíveis. No último capítulo serão abordadas as considerações finais do trabalho, assim como sua contribuição científica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho relatado apresentou a proposta de um modelo para coleta de sinais vitais denominado Odin, que utiliza estratégias adaptativas. O Odin foi desenvolvido baseado nas lacunas identificadas nos trabalhos relacionados (KEMP et al., 2008; COPETTI et al., 2009; HU et al., 2012; CHEN, 2012; CHEN; CHIANG; LEE, 2013; SALIM et al., 2014; HOSSAIN; MUHAMMAD, 2016; FERNANDES; LUCENA, 2017; FURBERG et al., 2017; BARRETO et al., 2018; CHOI; SHIN, 2018; HASSAN et al., 2019). Baseado nos estudos relacionados, os resultados apresentados neste trabalho podem ajudar a amenizar os problemas encontrados nesta literatura.

### 6.1 Contribuições

Este trabalho propõe o modelo Odin que realiza análises em tempo real de dados fisiológicos para monitorar as condições de saúde dos usuários, atuando sobre os parâmetros de coleta de sinais vitais. Os históricos de contextos fisiológicos são analisados, permitindo que a coleta se adapte e seja otimizada. A adaptação de sinais vitais consiste em efetuar mais coletas em caso de alterações de sinais vitais estratégicos e menos coletas quando o usuário estiver em uma situação que não ofereça risco.

De acordo com o contexto fisiológico do usuário, os sensores de sinais vitais, assim como sensores de contexto (GPS) podem ficar ativos ou voltar para o estado de pausa automaticamente. Tendo como base a revisão bibliográfica apresentada na seção de trabalhos relacionados, a contribuição científica do Odin consiste em adaptar a coleta de sensores fisiológicos para geração otimizada de um histórico de contextos de sinais vitais.

Para a avaliação do modelo foi abordada a questão de mapeamento de contextos de estresse. Estes contextos consistem no sinal vital do usuário, assim como nas informações de contexto que estão ocorrendo naquele instante como nível de atividade física ou geolocalização.

O mapeamento ainda permite exibir no mapa onde ocorreu uma situação de estresse. Dessa forma o usuário pode analisar locais onde ocorrem maior incidência de estresse e atuar de forma a evitar estas localizações, mitigando possíveis situações adversas no futuro.

Apesar da avaliação ter sido usada para mapeamento de estresse, o modelo permite ser usado em diferentes situações onde seja necessário mapear valores fisiológicos em conjunto com informações contextuais do usuário. A fuzzyficação das regras contribui para isso, uma vez que cada tipo de sinal vital possui diferentes valores e grandezas, bastando apenas informar os valores de limiares dos sinais vitais aferidos.

Este tipo de trabalho inicialmente poderia ser comparado com soluções clínicas de mapeamento de sinais vitais, como o radar e o mapa. Porém, muitas vezes a saúde é tratada de forma reativa, o usuário sente algum problema e procura um profissional de saúde, que então mede valores de sinais vitais e faz um diagnóstico, esta seria uma coleta manual. Com os equipamentos cardíacos citados anteriormente a coleta é feita automaticamente e ao retornar ao médico, este

analisa os dados obtidos.

Já ao utilizar a solução proposta neste trabalho, tem-se uma situação intermediária. Os dados fisiológicos são obtidos de forma automática através de dispositivos que o usuário já tem (dispositivos vestíveis). Estes dispositivos são mais fáceis de serem usados no dia-a-dia em comparação aos dispositivos de coleta médica, além de serem, geralmente, muito mais baratos. Por outro lado, os sensores não são tão confiáveis e podem exibir valores com menor precisão.

O que pode se aproveitar disso tudo é o foco das abordagens ao usuário. Talvez ao usar uma solução preventiva, sensores vestíveis podem ser úteis para indicar um problema de saúde antes dele acontecer. Em contrapartida quando o problema já existe a melhor solução é utilizar equipamentos médicos já consolidados.

Este trabalho também possui limitações e possibilidades de trabalhos futuros. Estes serão abordados no próximo subcapítulo.

## 6.2 Artigos publicados

Durante o mestrado foram produzidos três artigos científicos. Um dos artigos (ARANDA et al., 2019) foi publicado no periódico internacional *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*. O segundo artigo foi publicado no XI simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva (SBCUP). Os dois primeiros artigos contaram com a colaboração dos professores Dr. Juliano Varella de Carvalho (FEEVALE), Dr. Adenauer Corrêa Yamin (UFPEL) e do Dr. Jorge Luis Victória Barbosa, assim como do Dr. Mauricio Campelo Tavares (Contronic Sistemas Automáticos).

Os dois últimos artigos tiveram a colaboração dos colegas Lucas Dias e Alexandre Wolf. O terceiro artigo foi publicado no XXV Simpósio Brasileiro de sistemas Multimídia e Web (WEBMEDIA). Este artigo contou com a contribuição e revisão dos colegas e professores já citados. A seguir os artigos são listados:

1. ARANDA, J. A. S. et al. Collection and analysis of physiological data in smart environments: a systematic mapping. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, July 2019.
2. ARANDA, J.A.S. et al. Odin: Um modelo adaptativo para a coleta de sinais Vitais. **Anais do simpósio brasileiro de computação ubíqua e pervasiva (SBCUP)**. Sociedade Brasileira de Computação - SBC, 2019.
3. ARANDA, J. A. S. et al. *Towards a model to optimized collect of vital signs through adaptive strategies*. In: **BRAZILLIAN SYMPOSIUM ON MULTIMEDIA AND THE**



WEB -WebMedia 19, 25., 2019.Proceedings. . .ACM Press, 2019

Também fazem parte da pesquisa o trabalho que está submetido para o periódico *Smart Health* que está na primeira fase de revisão, conforme listado abaixo:

1. *A multi-agent system for optimizing physiological collection based on adaptive strategies*  
- (Submetido, em revisão)

### 6.3 Limitações e Trabalhos Futuros

O modelo apresentado possui algumas limitações no que diz respeito ao seu funcionamento. O modelo é dependente dos sensores dos dispositivos para funcionamento, caso o usuário não esteja portando o seu *smartphone* ou o dispositivo vestível não é possível efetuar as ações propostas no modelo.

Além disso muitos dispositivos vestíveis possuem limitações no que diz respeito a sua manipulação, impedindo de alterar parâmetros dos sensores, nestes casos somente os sensores dos *smartphone* podem ser adaptados. A economia de bateria e de geração de dados fica reduzida neste caso. Porém ainda assim é possível efetuar uma coleta dos dados do contexto atual do usuário o que pode permitir um melhor entendimento da sua condição ao correlacionar com os dados fisiológicos.

Verificou-se que a redução de requisições de dispositivos vestíveis e dispositivos móveis, pode impactar na economia de bateria de um dispositivo vestível, porém essa economia muitas vezes não pode ser medida precisamente. Caberia então estudos mais aprofundados em relação ao melhor aproveitamento de energia destes dispositivos, por meio de um envio adaptativo de pacotes de dados ou soluções similares.

Futuramente também seria necessário fazer estudos referentes a escalabilidade do modelo. O que seria necessário para possuir diversos usuários utilizando a solução proposta e como isso afetaria a performance do aplicativo? A proposta de coleta adaptativa também pode ser útil em conjunto com tecnologias de Internet das Coisas ou com Indústria 4.0, uma vez que estas tecnologias são dinâmicas e podem se beneficiar da proposta de coleta adaptativa.



## REFERÊNCIAS

- ACHOURI, M.; ALTI, A.; ROOSE, P. A New Two-Layered Architecture for Efficient Situations Management in Smart Environments. **Proceedings of the 9th International Conference on Management of Digital EcoSystems**, [S.l.], p. 6–13, 2017.
- ADIB, F. et al. Smart Homes that Monitor Breathing and Heart Rate. **Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI '15**, [S.l.], p. 837–846, 2015.
- AHMADI, H. et al. Diseases diagnosis using fuzzy logic methods: a systematic and meta-analysis review. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, [S.l.], v. 161, p. 145–172, July 2018.
- AINSWORTH, B. E. et al. 2011 compendium of physical activities. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S.l.], v. 43, n. 8, p. 1575–1581, Aug. 2011.
- APILETTI, D. et al. Real-time analysis of physiological data to support medical applications. **IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. 313–321, 2009.
- ARAI, T. et al. Evaluation of indoor positioning system based on attachable infrared beacons in metal shelf environment. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONSUMER ELECTRONICS (ICCE), 2019., 2019. **Anais...** IEEE, 2019.
- ARANDA, J. A. S. et al. Collection and analysis of physiological data in smart environments: a systematic mapping. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, [S.l.], July 2019.
- BAIG, M. M. et al. A systematic review of wearable sensors and IoT-based monitoring applications for older adults – a focus on ageing population and independent living. **Journal of Medical Systems**, [S.l.], v. 43, n. 8, June 2019.
- BANOS, O.; HERVÁS, R. Ubiquitous computing for health applications. **Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing**, [S.l.], v. 10, n. 6, p. 2091–2093, Jun 2019.
- BARBOSA, J. et al. Trailcare: an indoor and outdoor context-aware system to assist wheelchair users. **International Journal of Human-Computer Studies**, [S.l.], v. 116, p. 1 – 14, 2018.
- Barbosa, J. L. V. Ubiquitous computing: applications and research opportunities. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL INTELLIGENCE AND COMPUTING RESEARCH (ICCI), 2015., 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–8.
- BARBOSA, J. L. V. et al. TrailTrade: a model for trail-aware commerce support. **Computers in Industry**, [S.l.], v. 80, p. 43–53, Aug. 2016.
- BARRETO, C. et al. A cardiac arrhythmia monitoring platform based on feature selection and classification methods. **10º Simposio Brasileiro de Computacao Ubiqua e Pervasiva (SBCUP 2018)**, [S.l.], 08 2018.

- BASSETT, D. R. et al. Pedometer-measured physical activity and health behaviors in u.s. adults. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S.l.], v. 42, n. 10, p. 1819–1825, Oct. 2010.
- BAVARESCO, R. et al. Design and evaluation of a context-aware model based on psychophysiology. **Computer Methods and Programs in Biomedicine**, [S.l.], v. 189, p. 105299, June 2020.
- BOOTH, R.; SHARMA, D. Stress reduces attention to irrelevant information: evidence from the stroop task. **Motivation and Emotion**, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 412–418, Sept. 2009.
- BUDGEN, D. et al. Using mapping studies in software engineering. **Proceedings of PPIG 2008**, [S.l.], v. 2, 01 2008.
- CALVARESI, D. et al. Real-time multi-agent systems for telerehabilitation scenarios. **Artificial Intelligence in Medicine**, [S.l.], v. 96, p. 217 – 231, 2019.
- CARPENTIERI, B. et al. Securing visual search queries in ubiquitous scenarios empowered by smart personal devices. **Information Sciences**, [S.l.], v. 508, p. 393–404, Jan. 2020.
- CHEN, M. et al. Body area networks: a survey. **Mobile Networks and Applications**, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 171–193, 2010.
- CHEN, M.-F. Integrated circuits and systems toward smart ubiquitous patient-centered medical environment. **Solid State Circuits Conference (A-SSCC), 2012 IEEE Asian**, [S.l.], p. 121–124, 2012.
- CHEN, Y. L.; CHIANG, H. H.; LEE, T. T. Design and realization of a knowledge-based framework for personalized home healthcare systems. **2013 CACS International Automatic Control Conference, CACS 2013 - Conference Digest**, [S.l.], p. 180–185, 2013.
- CHOI, A.; SHIN, H. Longitudinal healthcare data management platform of healthcare iot devices for personalized services. **Journal of Universal Computer Science**, [S.l.], v. 24, p. 1153–1169, 01 2018.
- COOK, D.; DAS, S. How smart are our environments? an updated look at the state of the art. **Pervasive and Mobile Computing**, [S.l.], v. 3, p. 53–73, 03 2007.
- COOPER, I. D. What is a mapping study ? . **Journal of Medicine Library Association**, [S.l.], v. 104, n. January, p. 76–78, 2016.
- COPETTI, A. et al. Intelligent context-aware monitoring of hypertensive patients. **Proceedings of the 3d International ICST Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare**, [S.l.], 2009.
- COSTA, C. A. da et al. Internet of health things: toward intelligent vital signs monitoring in hospital wards. **Artificial Intelligence in Medicine**, [S.l.], v. 89, p. 61 – 69, 2018.
- CURMI, F.; FERRARIO, M. A.; WHITTLE, J. Biometric data sharing in the wild: investigating the effects on online sports spectators. **International Journal of Human-Computer Studies**, [S.l.], v. 105, p. 56 – 67, 2017.

- DALMINA, L.; BARBOSA, J. L. V.; VIANNA, H. D. A systematic mapping study of gamification models oriented to motivational characteristics. **Behaviour & Information Technology**, [S.l.], v. 0, n. 0, p. 1–18, 2019.
- DEY, A. K.; ABOWD, G. D. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. **Journal Human-Computer Interaction**, [S.l.], v. 16, p. 97–166, 2001.
- DIAS, L. P. S.; BARBOSA, J. L. V.; VIANNA, H. D. Gamification and serious games in depression care: a systematic mapping study. **Telematics and Informatics**, [S.l.], v. 35, n. 1, p. 213–224, Apr. 2018.
- DOBBINS, C.; FAIRCLOUGH, S. A mobile lifelogging platform to measure anxiety and anger during real-life driving. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERSVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS (PerCom WORKSHOPS), 2017., 2017. **Anais...** IEEE, 2017.
- FERNANDES, C. O.; LUCENA, C. J. P. D. A Software Framework for Remote Patient Monitoring by Using Multi-Agent Systems Support. **JMIR Medical Informatics**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. e9, 2017.
- FURBERG, R. D. et al. Biometrics and Policing: a protocol for multichannel sensor data collection and exploratory analysis of contextualized psychophysiological response during law enforcement operations. **JMIR Research Protocols**, [S.l.], v. 6, n. 3, p. e44, 2017.
- GJORESKI, M. et al. Continuous stress detection using a wrist device: in laboratory and real life. In: ACM INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON PERSVASIVE AND UBIQUITOUS COMPUTING: ADJUNCT, 2016., 2016, New York, NY, USA. **Proceedings...** Association for Computing Machinery, 2016. p. 1185–1193. (UbiComp '16).
- GONCALES, L. et al. Model Comparison: a systematic mapping study. **PIPICA, University of Vale do Rio dos Sinos**, [S.l.], p. 6, 2014.
- HASSAN, M. K. et al. A hybrid real-time remote monitoring framework with nb-woa algorithm for patients with chronic diseases. **Future Generation Computer Systems**, [S.l.], v. 93, p. 77 – 95, 2019.
- HONG, J. et al. Context-aware system for proactive personalized service based on context history. **Expert Systems with Applications**, [S.l.], v. 36, n. 4, p. 7448 – 7457, 2009.
- HOSSAIN, M. S.; MUHAMMAD, G. Cloud-assisted industrial internet of things (iiot) – enabled framework for health monitoring. **Computer Networks**, [S.l.], v. 101, p. 192 – 202, 2016. *Industrial Technologies and Applications for the Internet of Things*.
- HU, F.; CELENTANO, L.; XIAO, Y. Error-resistant rfid-assisted wireless sensor networks for cardiac telehealthcare. **Wireless Communications and Mobile Computing**, [S.l.], v. 9, p. 85–101, 01 2009.
- HU, S. et al. A real-time cardiac arrhythmia classification system with wearable sensor networks. **Sensors (Switzerland)**, [S.l.], v. 12, n. 9, p. 12844–12869, 2012.
- HUNG, K. et al. Development of a wearable system integrated with novel biomedical sensors for ubiquitous healthcare. **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS**, [S.l.], p. 5802–5805, 2012.

JOHNSON, J. L. et al. Ten-year legacy effects of three eight-month exercise training programs on cardiometabolic health parameters. **Frontiers in Physiology**, [S.l.], v. 10, Apr. 2019.

COMPANY, S. B. (Ed.). **Emergence: the connected lives of ants, brains, cities, and software**. [S.l.]: Simon and Schuster, 2002.

JOVANOVIĆ, E.; MILENKOVIĆ, A. Body area networks for ubiquitous healthcare applications: opportunities and challenges. **Journal of Medical Systems**, [S.l.], v. 35, n. 5, p. 1245–1254, 2011.

KALMARZI MOGHADDAM, M. et al. An efficient multi-agent system for e-health functionalities. **International Journal of Software Engineering and Its Applications**, [S.l.], v. 7, p. 24–34, 05 2013.

KANG, K. et al. Ubiquitous health-assistant system based on accessory-type physiological signal sensing device. **Digest of Technical Papers - IEEE International Conference on Consumer Electronics**, [S.l.], p. 2–3, 2008.

KEMP, J. et al. Using body sensor networks for increased safety in bomb disposal missions. **Proceedings - IEEE International Conference on Sensor Networks, Ubiquitous, and Trustworthy Computing**, [S.l.], p. 81–89, 2008.

KESHAV, S.; S. How to read a paper. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, [S.l.], v. 37, n. 3, p. 83, 2016.

KRAUS, W. E. et al. Studies of a targeted risk reduction intervention through defined exercise (STRRIDE). **Medicine & Science in Sports & Exercise**, [S.l.], v. 33, n. 10, p. 1774–1784, Oct. 2001.

KWON, H. C. et al. An energy-efficient communication method based on the relationships between biological signals for ubiquitous health monitoring. **Conference proceedings : ... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Annual Conference**, [S.l.], v. 2008, p. 1541–1544, 2008.

LEUNG, M.-Y.; LIANG, Q.; OLOMOLAIYE, P. Impact of job stressors and stress on the safety behavior and accidents of construction workers. **Journal of Management in Engineering**, [S.l.], v. 32, n. 1, p. 04015019, Jan. 2016.

LIU, D.; GÖRGES, M.; A JENKINS, S. University of queensland vital signs dataset: development of an accessible repository of anesthesia patient monitoring data for research. **Anesthesia and analgesia**, [S.l.], v. 114, p. 584–9, 12 2011.

LYYTINEN, K.; YOO, Y. Introduction. **Communication ACM**, New York, NY, USA, v. 45, n. 12, p. 62–65, Dec. 2002.

MACAPAGAL, F. R. et al. Nursing care and treatment of ambulatory patients with percutaneously placed axillary intra-aortic balloon pump before heart transplant. **Critical Care Nurse**, [S.l.], v. 39, n. 2, p. 45–52, Apr. 2019.

MADIAS, J. E. A proposal for monitoring patients with heart failure via smart phone technology-based electrocardiograms. **Journal of Electrocardiology**, [S.l.], v. 49, n. 5, p. 699–706, 2016.

- Mayya, S. et al. Continuous monitoring of stress on smartphone using heart rate variability. In: **IEEE 15TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON BIOINFORMATICS AND BIOENGINEERING (BIBE)**, 2015., 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p. 1–5.
- MIER, C. M.; FEITO, Y. Metabolic cost of stride rate, resistance, and combined use of arms and legs on the elliptical trainer. **Research Quarterly for Exercise and Sport**, [S.l.], v. 77, n. 4, p. 507–513, Dec. 2006.
- Ministério da Saúde. Secretaria de Gestão do Trabalho e da Educação na Saúde. **Departamento de gestão da educação na saúde. projeto de profissionalização dos trabalhadores da área de enfermagem (2003)**. 2003.
- MOLIA, H. K.; KOTHARI, A. D. Fuzzy logic systems for transmission control protocol. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATION, DEVICES AND COMPUTING**, 2., 2020, Singapore. **Proceedings...** Springer Singapore, 2020. p. 553–565.
- NIAZI, M.; HUSSAIN, A. Agent-based computing from multi-agent systems to agent-based models: a visual survey. **Scientometrics**, [S.l.], v. 89, p. 479–499, 11 2011.
- NIKOLIDAKIS, S. A. et al. A secure ubiquitous healthcare system based on IMS and the HL7 standards. **Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA '10**, [S.l.], p. 1, 2010.
- OH, S. T.; PARK, S. A study of the connected smart workers techno-stress. **Procedia Computer Science**, [S.l.], v. 91, p. 725–733, 2016.
- PADGHAM, L.; WINIKOFF, M. **Developing intelligent agent systems: a practical guide**. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- PAN, Y. et al. Improved fuzzy bayesian network-based risk analysis with interval-valued fuzzy sets and d-s evidence theory. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, [S.l.], p. 1–1, 2019.
- PATHAK, A. K.; ARUL VALAN, J. A predictive model for heart disease diagnosis using fuzzy logic and decision tree. In: **SMART COMPUTING PARADIGMS: NEW PROGRESSES AND CHALLENGES**, 2020, Singapore. **Anais...** Springer Singapore, 2020. p. 131–140.
- PETERSEN, K. et al. Systematic Mapping Studies in Software Engineering. **12Th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering**, [S.l.], v. 17, p. 10, 2008.
- PETERSEN, K.; VAKKALANKA, S.; KUZNIARZ, L. Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: an update. **Information and Software Technology**, [S.l.], v. 64, p. 1–18, 2015.
- BLACKWELL, O. (Ed.). **Systematic reviews in the social sciences: a practical guide**. oxford: blackwell 2006. 352 pp. isbn 1 4051 2110 6. [S.l.]: Routledge, 2006. 304-305 p. v. 6, n. 4.
- PHAM, M. et al. Cloud-Based Smart Home Environment (CoSHE) for home healthcare. **IEEE International Conference on Automation Science and Engineering**, [S.l.], v. 2016-Novem, p. 483–488, 2016.
- PITTOLI, F. et al. An intelligent system for prognosis of noncommunicable diseases ' risk factors. **Telematics and Informatics**, [S.l.], v. 35, n. 5, p. 1222–1236, 2018.

- PUNJ, R.; KUMAR, R. Technological aspects of WBANs for health monitoring: a comprehensive review. **Wireless Networks**, [S.l.], v. 3, p. 1–33, 2018.
- QUINTANA, D. S.; ALVARES, G. A.; HEATHERS, J. A. J. Guidelines for reporting articles on psychiatry and heart rate variability (GRAPH): recommendations to advance research communication. **Translational Psychiatry**, [S.l.], v. 6, n. 5, p. e803–e803, May 2016.
- ROSA, H.; BARBOSA, J. L. V.; RIBEIRO, G. D. ORACON: an adaptative model for context prediction. **Expert Systems With Applications**, [S.l.], v. 25, n. January, p. 455–492, 2015.
- ROSA, J. H. et al. A Multi-Temporal Context-aware System for Competences Management. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, [S.l.], v. 25, n. 4, p. 455–492, 2015.
- SALIM, F. et al. Design and evaluation of smart wearable undergarment for monitoring physiological extremes in firefighting. **Proceedings of the 2014 ACM International Symposium on Wearable Computers Adjunct Program - ISWC '14 Adjunct**, [S.l.], p. 249–254, 2014.
- SAP. **Standardized technical architecture modeling, (2007)**. 2007.
- Satyanarayanan, M. Pervasive computing: vision and challenges. **IEEE Personal Communications**, [S.l.], v. 8, n. 4, p. 10–17, Aug 2001.
- SEN-GUPTA, E. et al. A pivotal study to validate the performance of a novel wearable sensor and system for biometric monitoring in clinical and remote environments. **Digital Biomarkers**, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 1–13, Mar. 2019.
- SHAIKH, Y.; PARVATI, V. K.; BIRADAR, S. R. Survey of smart healthcare systems using internet of things (IoT) : (invited paper). In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMMUNICATION, COMPUTING AND INTERNET OF THINGS (IC3IOT), 2018., 2018. **Anais... IEEE**, 2018.
- SHARPE, R. et al. An industrial evaluation of an industry 4.0 reference architecture demonstrating the need for the inclusion of security and human components. **Computers in Industry**, [S.l.], v. 108, p. 37–44, June 2019.
- SIDDHARTH, P. D.; DESHPANDE, S. Embedded system design for real-time interaction with Smart Wheelchair. **2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking, CDAN 2016**, [S.l.], 2016.
- SILVA, J. M. et al. Content distribution in trail-aware environments. **Journal of the Brazilian Computer Society**, [S.l.], v. 16, n. 3, p. 163–176, July 2010.
- SILVA SOUZA, M. V. A. da et al. Variabilidade da frequência cardíaca: análise dos índices no domínio do tempo em portadores de cardiopatia chagásica crônica, antes e após um programa de exercícios. **Revista Portuguesa de Cardiologia**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 219 – 227, 2013.
- SOEGOTO, E. S.; NARIMAWATI, U. The contribution of stress management and good employee performance towards the success of a company. **The Open Psychology Journal**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 154–160, Aug. 2017.



- SUGIMOTO, C.; KOHNO, R. Wireless sensing system for healthcare monitoring thermal physiological state and recognizing behavior. **Proceedings - 2011 International Conference on Broadband and Wireless Computing, Communication and Applications, BWCCA 2011**, [S.l.], p. 285–291, 2011.
- TOUATI, F. et al. Feasibility and performance evaluation of a 6lowpan-enabled platform for ubiquitous healthcare monitoring: performance of a 6lowpan platform for ubiquitous healthcare monitoring. **Wireless Communications and Mobile Computing**, [S.l.], v. 16, 05 2015.
- TOUATI, F.; TABISH, R. U-healthcare system: state-of-the-art review and challenges. **Journal of Medical Systems**, [S.l.], v. 37, n. 3, 2013.
- TürKYILMAZ, O. et al. Environment-aware location estimation in cellular networks. **EURASIP Journal on Advances in Signal Processing**, [S.l.], v. 2008, n. 1, p. 276456, 2008.
- UNITED NATIONS DEPARTMENT OF ECONOMIC AND SOCIAL AFFAIRS. World population prospects the 2017 revision key findings and advance tables.* 2017.
- VIANNA, H.; BARBOSA, J. A model for ubiquitous care of noncommunicable diseases. **Biomedical and Health Informatics, IEEE Journal of**, [S.l.], v. PP, p. 1–1, 01 2013.
- VIANNA, H. D.; BARBOSA, J. L. V. In search of computer-aided social support in non-communicable diseases care. **Telematics and Informatics**, [S.l.], v. 34, n. 8, p. 1419–1432, 2017.
- VOSS, A. et al. Short-term heart rate variability—influence of gender and age in healthy subjects. **PLOS ONE**, [S.l.], v. 10, n. 3, p. e0118308, Mar. 2015.
- WAGNER, A.; BARBOSA, J. L. V.; BARBOSA, D. N. F. A model for profile management applied to ubiquitous learning environments. **Expert Systems with Applications**, [S.l.], v. 41, n. 4, Part 2, p. 2023 – 2034, 2014.
- WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific American**, [S.l.], v. 265, p. 94, 09 1991.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Depression and other common mental disorders: global health estimates. technical report.* 2017.
- YAN, F. et al. Connectivity based k-coverage hole detection in wireless sensor networks. **Mobile Networks and Applications**, [S.l.], June 2019.
- YIN, K. et al. Context-aware systems for chronic disease patients: scoping review. **J Med Internet Res**, [S.l.], v. 21, n. 6, p. e10896, Jun 2019.
- YOUNG, C. P. et al. A portable multi-channel behavioral state and physiological signal monitoring system. **2012 IEEE I2MTC - International Instrumentation and Measurement Technology Conference, Proceedings**, [S.l.], p. 2687–2691, 2012.
- ZHENG, Y. L. et al. Unobtrusive sensing and wearable devices for health informatics. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, [S.l.], v. 61, n. 5, p. 1538–1554, 2014.



## APÊNDICE A – INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES

Tabela 1: Relação de Artigos Mapeados

| <b>Autores</b>        | <b>Título do Artigo</b>  | <b>Tecnologia de Comunicação</b> | <b>Técnica de Análise</b> | <b>Id do Artigo</b> |
|-----------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Kwon et al. (2008)    | An energy-efficient communication method based on the relationships between biological signals for ubiquitous health monitoring. | ZigBee                           | N/A                       | 1                   |
| Kang et al. (2008)    | Ubiquitous Health-assistant System based on Accessory-type Physiological Signal Sensing Device.                                  | ZigBee                           | N/A                       | 2                   |
| Kemp et al. (2008)    | Using Body Sensor Networks for Increased Safety in Bomb Disposal Missions.   | Bluetooth                        | Análise de Contexto       | 3                   |
| Hu et al. (2009)      | Error-resistant RFID-assisted wireless sensor networks   | RFID e Wifi                      | N/A                       | 4                   |
| Copetti et al. (2009) | Intelligent context-aware monitoring of hypertensive patients.   | Wi-fi                            | Análise de Contexto       | 5                   |

Tabela 1: Relação de Artigos Mapeados Cont.

| <b>Autores</b>             | <b>Título do Artigo</b>   | <b>Tecnologia de Comunicação</b> | <b>Técnica de Análise</b> | <b>Id do Artigo</b> |
|----------------------------|---|----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Apiletti et al. (2009)     | Real-Time Analysis of Physiological Data to Support Medical Applications.                               | N/A                              | Histórico de Con- textos  | 6                   |
| Nikolidakis et al. (2010)  | A Secure Ubiquitous Healthcare System Based on IMS and the HL7 Standards.                               | Zigbee e Wi-fi                   | N/A                       | 7                   |
| Chen et al. (2011)         | Body Area Networks: A Survey.   | N/A                              | N/A                       | 8                   |
| Jovanov et al. (2011)      | Body Area Networks for Ubiquitous Healthcare Applications: Opportunities and Challenges.                | N/A                              | N/A                       | 9                   |
| Sugimoto C, Kohno R (2011) | Wireless Sensing System for Healthcare Monitoring Thermal Physiological State and Recognizing Behavior. | ZigBee                           | N/A                       | 10                  |
| Young et al. (2012)        | A portable multi-channel behavioral state and physiological signal monitoring system.                   | ZigBee e Wi-fi                   | N/A                       | 11                  |
| Hu et al. (2012)           | A real-time cardiac arrhythmia classification system with wearable sensor networks.                     | Bluetooth                        | Alerta de Limiares        | 12                  |
| Hung et al. (2012)         | Development of a wearable system integrated with novel biomedical sensors for ubiquitous healthcare.    | Bluetooth                        | N/A                       | 13                  |

Tabela 1: Relação de Artigos Mapeados Cont.

| <b>Autores</b>            | <b>Título do Artigo</b>   | <b>Tecnologia de Comunicação</b> | <b>Técnica de Análise</b>    | <b>Id do Artigo</b> |
|---------------------------|---|----------------------------------|------------------------------|---------------------|
| M. F. Chen (2012)         | Integrated circuits and systems toward smart ubiquitous patient-centered medical environment.               | GSM                              | Análise Manual               | 14                  |
| Chen et al. (2013)        | Design and realization of a knowledge-based framework for personalized home healthcare systems.             | Wi-fi                            | inferência em Ontologias     | 15                  |
| Touati F, Tabish R (2013) | U-Healthcare System: State-of-the-Art Review and Challenges.  | N/A                              | N/A                          | 16                  |
| Salim et al. (2014)       | Design and Evaluation of Smart Wearable Undergarment for Monitoring Physiological Extremes in Firefighting. | Zigbee                           | Predição Baseada em Contexto | 17                  |
| Zheng et al. (2014)       | Unobtrusive sensing and wearable devices for health informatics.  | N/A                              | N/A                          | 18                  |
| Touati et al. (2015)      | Feasibility and performance evaluation of a 6LoWPAN-enabled platform for ubiquitous healthcare monitoring.  | Wifi                             | N/A                          | 19                  |
| Adib et al. (2015)        | Smart Homes That Monitor Breathing and Heart Rate   | Frequência Modulada              | N/A                          | 20                  |
| Madias JE. (2016)         | A proposal for monitoring patients with heart failure via "smart phone technology-based electrocardiograms. | Wi-fi                            | N/A                          | 21                  |

Tabela 1: Relação de Artigos Mapeados Cont.

| <b>Autores</b>              | <b>Título do Artigo</b>  | <b>Tecnologia de Comunicação</b> | <b>Técnica de Análise</b> | <b>Id do Artigo</b> |
|-----------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Hossain and Muhammad (2016) | Cloud-assisted Industrial Internet of Things (IIoT)- enabled framework for health monitoring.  | N/A                              | Sistema de Classificação  | 22                  |
| Pham et al. (2016)          | Cloud-Based Smart Home Environment (CoSHE) for home healthcare.  | ZigBee                           | N/A                       | 23                  |
| Siddharth et al. (2016)     | Embedded system design for real-time interaction with Smart Wheelchair.  | GSM                              | N/A                       | 24                  |
| Achouri et al. (2017)       | A New Two-Layered Architecture for Efficient Situations Management in Smart Environments.  | Wi-fi e GSM                      | inferência em Ontologias  | 25                  |
| Fernandes et al. (2017)     | A Software Framework for Remote Patient Monitoring by Using Multi-Agent Systems Support.   | Bluetooth                        | Alerta de Limiares        | 26                  |
| Curmi et al. (2017)         | Biometric data sharing in the wild: Investigating the effects on online sports spectators  | Bluetooth                        | N/A                       | 27                  |
| Furberg et al. (2017)       | Biometrics and Policing: A Protocol for Multichannel Sensor Data Collection and Exploratory Analysis of Contextualized Psychophysiological Response During Law Enforcement Operations. | Wi-fi                            | Alerta de Limiares        | 28                  |

Tabela 1: Relação de Artigos Mapeados Cont.

| <b>Autores</b>         | <b>Título do Artigo</b>  | <b>Tecnologia de Comunicação</b> | <b>Técnica de Análise</b> | <b>Id do Artigo</b> |
|------------------------|--|----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Barreto et al. (2018)  | A cardiac arrhythmia monitoring platform based on feature selection and classification methods.          | Bluetooth                        | Sistema de Classificação  | 29                  |
| Choi and Shin (2018)   | Longitudinal Healthcare Data Management Platform of Healthcare IoT Devices for Personalized Services.    | Bluetooth                        | Sistema de Classificação  | 30                  |
| Punj R, Kumar R (2018) | Technological aspects of WBANs for health monitoring: a comprehensive review.                            | N/A                              | N/A                       | 31                  |
| Hassan et al. (2019)   | A Hybrid Real-time Remote Monitoring Framework with NB-WOA algorithm for patients with chronic diseases. | Bluetooth e Wi-fi                | Sistema de Classificação  | 32                  |