



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

Guilherme Wunsch

UBITRIAGEM 2: Um modelo para a triagem de pacientes e alerta  
precoce no departamento de emergência

São Leopoldo, 2018



Guilherme Wunsch

UBITRIAGEM 2:

Um modelo para a triagem de pacientes e alerta precoce no departamento de emergência

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. Cristiano André da Costa

São Leopoldo  
2018

W966u Wunsch, Guilherme.  
Ubitriagem 2: um modelo para a triagem de pacientes e alerta precoce no departamento de emergência / Guilherme Wunsch. – 2018.  
89 f. : il. (algumas color.) ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada, 2018.

“Orientador: Prof. Dr. Cristiano André da Costa”.

1. Computação ubíqua. 2. Computação móvel. 3. Cuidados médicos – Recursos de rede de computador. 4. Ontologia. I. Título.

CDU 004.75.057.5

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Carla Maria Goulart de Moraes – CRB 10/1252)



Guilherme Wunsch

UBITRIAGEM 2:

Um modelo para a triagem de pacientes e alerta precoce no departamento de emergência

Dissertação apresentada à Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Aprovado em 28 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Cristiano André da Costa - UNISINOS

---

Nome do Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence

Prof. Dr. Adenauer Correa Yamin - UFPEL

---

Nome do Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence

Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi - UNISINOS

---

Nome do Componente da Banca Examinadora – Instituição a que pertence

Prof. Dr. Cristiano André da Costa (Orientador)

Visto e permitida a impressão  
São Leopoldo,

Prof. Dr. Rodrigo da Rosa Righi  
Coordenador PPG em Computação Aplicada



## RESUMO

Triagem é um processo realizado nos departamentos de emergência de hospitais que visa ordenar o atendimento dos pacientes de acordo com suas necessidades de cuidados. Por outro lado, um sistema de alerta precoce se trata de um protocolo empregado pelos hospitais para detectar a deterioração dos sinais vitais (gravidade) dos pacientes. Quando bem efetuados, esses processos podem potencialmente aumentar as chances de vida dos pacientes com alto grau de complicações, guiando seu tratamento e o correto diagnóstico. A mobilidade é uma necessidade por profissionais da área de saúde para desempenhar suas atividades diárias e isso vai ao encontro da ascensão da computação móvel e ubíqua. Dispositivos vestíveis e dispositivos inteligentes estão cada vez mais presentes no nosso cotidiano. Com isso, esse trabalho tem como objetivo desenvolver um modelo computacional, denominado de UbiTriagem 2, para apoio ao processo triagem que suporta um sistema de alerta precoce, fazendo o uso dos conceitos da computação móvel e ubíqua e Internet das coisas voltados à área de saúde. A principal contribuição científica desse trabalho foi prever a interoperabilidade entre diferentes protocolos de triagem e de deterioração de sinais vitais (gravidade) empregados hoje nos hospitais fazendo o uso de uma ontologia. Além disso, outra preocupação foi agregar, também nessa ontologia, informações coletadas de diferentes sensores IoT (como fonte de dados) para inferir a triagem e a gravidade dos pacientes. O modelo foi avaliado através de cenários, que mostraram que o modelo está apto para ser utilizado em um departamento de emergência. Em relação à triagem, foi possível concluir que o modelo foi capaz de determinar corretamente a classificação do paciente em 93,33% das situações avaliadas e, com pequenos ajustes, atingimos 100% dos casos. O sistema de alerta precoce se mostrou assertivo em 86,71% dos casos, por outro lado podemos concluir que ele se assemelha muito à avaliação qualitativa efetuada por um médico regulador especialista em emergências. Além disso em 63,61% de todos os casos atendidos em um departamento de emergência, vindos do SAMU, poderiam ser beneficiados por esse modelo. Por fim, com a avaliação efetuada através da metodologia de grupo focal, podemos destacar como pontos positivo do modelo desenvolvido: a utilização de protocolos já validados; o acompanhamento das filas de atendimento; o uso de dispositivos móveis; a diminuição em erros na utilização dos protocolos; o uso de dispositivos vestíveis para o monitoramento dos pacientes; um modelo não-intrusivo; o auxílio no registro de dados do atendimento; um maior respaldo às decisões dos enfermeiros; a diminuição das taxas de mortalidade e de maiores complicações; e a diminuição no custo do atendimento por paciente.

**Palavras-chave:** triagem. sistema de alerta precoce. internet das coisas. ontologia.





## ABSTRACT

Triage is a process performed in the emergency department of hospitals aimed at sorting the patients according to their needs of care. On the other hand, an early warning system is a protocol used by hospitals to detect the deterioration of patient's vital signs. When well performed, these processes can potentially increase the chances of life of patients with a high degree of complications, guiding their treatment and the correct diagnosis. Mobility is a must-have requirement for healthcare professionals to perform their daily activities and this is in the same way with the rise of mobile and ubiquitous computing. Mobile and wearable devices are increasingly present in our daily lives. This study aims to develop a computational model, called UbiTriage 2, to support the triage process, supporting an early warning system, using the concepts of mobile and ubiquitous computing and Internet of things related to healthcare. The main scientific contribution of this study was to propose the interoperability between different protocols of triage and deterioration of vital signs (severity) used today in hospitals using an ontology. In addition, another concern was to aggregate, also in the ontology, information collected from different IoT sensors (as data source) to infer the triage and severity of patients. The model was evaluated through scenarios, which showed that the model is apt to be used in an emergency department. In relation to the triage, it was possible to conclude that the model was able to correctly determine the patient's classification in 93.33% of the evaluated situations and, with minor adjustments, reached 100% of the cases. The early warning system was assertive in 86.71% of the cases, on the other hand we can conclude that it closely resembles the qualitative evaluation carried out by an emergency medical regulator. In addition, 63.61% of all cases from SAMU in the emergency department could benefit from this model. Finally, with the evaluation made through the focus group methodology, we can highlight as positive points of the developed model: the use of already validated protocols; the follow-up of the service queues; the use of mobile devices; the decrease in errors in the use of protocols; the use of wearable devices to monitor patients; a non-intrusive model; the aid in recording attendance data; greater support for nurses' decisions; the reduction of mortality rates and major complications; and the decrease in the cost of care per patient.

**Keywords:** triage. early warning system. internet of things. ontology.



## LISTA DE FIGURAS

|            |                                                                                                                                                                                                                                  |    |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1:  | Representação gráfica do escopo da pesquisa. . . . .                                                                                                                                                                             | 38 |
| Figura 2:  | Diagrama com a execução da pesquisa. . . . .                                                                                                                                                                                     | 40 |
| Figura 3:  | Visão geral do modelo proposto. Enfermeiros, pacientes e sensores de sinais vitais comunicam-se com o serviço da aplicação, que está localizado em um ambiente de sistemas distribuídos, através de dispositivos móveis. . . . . | 51 |
| Figura 4:  | Arquitetura do modelo proposto. . . . .                                                                                                                                                                                          | 53 |
| Figura 5:  | Modelo da base de conhecimento. . . . .                                                                                                                                                                                          | 58 |
| Figura 6:  | Metodologia de avaliação. . . . .                                                                                                                                                                                                | 62 |
| Figura 7:  | Diagrama da ontologia utilizada no protótipo. . . . .                                                                                                                                                                            | 63 |
| Figura 8:  | Telas do protótipo desenvolvido: Interface dos (A) enfermeiros e dos (B) pacientes. . . . .                                                                                                                                      | 64 |
| Figura 9:  | Resultado da primeira avaliação: sem risco. . . . .                                                                                                                                                                              | 67 |
| Figura 10: | Resultado da segunda avaliação: com risco. . . . .                                                                                                                                                                               | 67 |
| Figura 11: | Avaliação obtida com o protótipo em relação ao desfecho (grave ou normal). . . . .                                                                                                                                               | 70 |
| Figura 12: | Avaliação obtida com o protótipo em relação a sua assertividade. . . . .                                                                                                                                                         | 70 |
| Figura 13: | Comparação entre as categorias de gravidade do protótipo em relação ao SAMU. . . . .                                                                                                                                             | 71 |
| Figura 14: | Comparação as chamadas ao SAMU que iriam gerar um alerta em relação às que não gerariam. . . . .                                                                                                                                 | 72 |
| Figura 15: | Síntese do grupo focal. . . . .                                                                                                                                                                                                  | 74 |



## LISTA DE TABELAS

|            |                                                                                                                       |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1:  | Remessas de dispositivos no mundo por segmento (milhões de unidades) . . .                                            | 20 |
| Tabela 2:  | Previsão para dispositivos vestíveis em todo o mundo (milhões de unidades)                                            | 21 |
| Tabela 3:  | National Early Warning Score. Legenda: A - Alerta; V - Responde à voz; P - Responde à dor; U - Inconsciente . . . . . | 30 |
| Tabela 4:  | Risco clínico de acordo com a pontuação obtida. . . . .                                                               | 30 |
| Tabela 5:  | Fontes de pesquisa utilizados nesse mapeamento sistemático de literatura. . .                                         | 38 |
| Tabela 6:  | Artigos selecionados no mapeamento sistemático. . . . .                                                               | 41 |
| Tabela 7:  | Comparativo entre os trabalhos relacionados. . . . .                                                                  | 45 |
| Tabela 8:  | Regras derivadas para as combinações que geram um resultado do risco. . .                                             | 59 |
| Tabela 9:  | Comparativo entre a triagem referência e a sugerida pelo protótipo. . . . .                                           | 68 |
| Tabela 10: | Questões para guiar a discussão do grupo focal. . . . .                                                               | 73 |
| Tabela 11: | Comparativo entre os trabalhos relacionados e o UbiTriagem 2. . . . .                                                 | 80 |



## LISTA DE SIGLAS

|         |                                                                       |
|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| ANSI    | American National Standards Institute                                 |
| API     | Application Programming Interface                                     |
| ATS     | Australasian Triage Scale                                             |
| BAN     | Rede de Área de Corpo                                                 |
| CKM     | Clinical Knowledge Manager                                            |
| CTAS    | Canadian Triage And Acuity Scale                                      |
| EDIFACT | Eletronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport |
| ESI     | Emergency Severity Index                                              |
| GMEWS   | Global Modified Early Warning Scores                                  |
| HL7     | Health Level 7                                                        |
| HTTPS   | Hypertext Transfer Protocol Secure                                    |
| IoT     | Internet das Coisas                                                   |
| ISO     | International Organization for Standardization                        |
| JSON    | JavaScript Object Notation                                            |
| MEWS    | Modified Early Warning Score                                          |
| MTS     | Manchester Triage System                                              |
| NEWS    | National Early Warning Score                                          |
| NICE    | National Institute for Health and Clinical Excellence                 |
| ORM     | Object-relational mapping                                             |
| OWL     | Web Ontology Language                                                 |
| PC      | Computador Pessoal                                                    |
| PEP     | Prontuário Eletrônico do Paciente                                     |
| RDF     | Resource Description Framework                                        |
| REST    | Representational State Transfer                                       |
| SAMU    | Serviço de Atendimento Móvel de Urgência                              |
| SEWS    | Standardised Early Warning System                                     |
| SGBD    | Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados                            |
| SGH     | Sistema de Gestão Hospitalar                                          |
| SOA     | Service-oriented architecture                                         |
| SpO2    | Saturação de oxigênio                                                 |
| TAM     | Technical Architecture Modeling                                       |
| UML     | Unified Modeling Language                                             |
| UTI     | Unidade de Terapia Intensiva                                          |



ViEWS VitalPAC™ Early Warning System  
W3C Wide Web Consortium  
XSD XML Schema Definition

## LISTA DE SÍMBOLOS

|            |                       |
|------------|-----------------------|
| °C         | Graus Celsius         |
| bpm        | Batimentos por Minuto |
| ciclos/min | Ciclos por Minuto     |
| mmHg       | Milímetro de Mercúrio |



## SUMÁRIO

|          |                                                                      |           |
|----------|----------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO</b>                                                    | <b>19</b> |
| 1.1      | Motivação                                                            | 20        |
| 1.2      | Questão de pesquisa                                                  | 22        |
| 1.3      | Objetivos                                                            | 23        |
| 1.4      | Estrutura do texto                                                   | 23        |
| <b>2</b> | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>                                         | <b>25</b> |
| 2.1      | Cuidados ubíquos de saúde                                            | 25        |
| 2.2      | Ciência de contexto e situação                                       | 27        |
| 2.3      | Internet das coisas e dispositivos para o monitoramento de pacientes | 27        |
| 2.4      | Sistemas de alerta precoce                                           | 29        |
| 2.5      | Triagem e retriagem                                                  | 30        |
| 2.6      | Ontologias e web semântica                                           | 32        |
| 2.7      | openEHR                                                              | 33        |
| <b>3</b> | <b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>                                        | <b>37</b> |
| 3.1      | Mapeamento sistemático de literatura                                 | 37        |
| 3.1.1    | Estratégia de pesquisa                                               | 37        |
| 3.1.2    | Execução da pesquisa                                                 | 38        |
| 3.1.3    | Resultados obtidos                                                   | 39        |
| 3.2      | Análise comparativa                                                  | 42        |
| 3.3      | Lacunas de pesquisa                                                  | 46        |
| <b>4</b> | <b>MODELO PROPOSTO</b>                                               | <b>49</b> |
| 4.1      | Decisões de projeto                                                  | 49        |
| 4.2      | Visão geral do modelo                                                | 50        |
| 4.3      | Arquitetura do modelo                                                | 52        |
| 4.3.1    | Camada cliente                                                       | 53        |
| 4.3.2    | Camada serviço                                                       | 55        |
| 4.3.3    | Modelo de dados                                                      | 57        |
| <b>5</b> | <b>IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO</b>                                     | <b>61</b> |
| 5.1      | Metodologia de avaliação                                             | 61        |
| 5.2      | Implementação                                                        | 61        |
| 5.3      | Avaliação e resultados                                               | 64        |
| 5.3.1    | Avaliação por cenários                                               | 65        |
| 5.3.2    | Avaliação da triagem                                                 | 68        |
| 5.3.3    | Avaliação do sistema de alerta precoce                               | 69        |
| 5.3.4    | Avaliação em grupo                                                   | 72        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÃO</b>                                                     | <b>79</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS</b>                                                   | <b>83</b> |



## 1 INTRODUÇÃO

Triagem é um processo realizado em hospitais para classificar os pacientes de acordo com suas necessidades de cuidados (JENTSCH et al., 2013). Quando bem efetuado, este processo pode potencialmente aumentar as chances de vida dos pacientes com alto grau de complicações, guiando o tratamento e correto diagnóstico que é posteriormente realizado (JENTSCH et al., 2013). Para esta etapa ser bem-sucedida, necessitamos de profissionais treinados e artefatos que auxiliem e proporcionem maior agilidade e precisão, tornando esse processo efetivo e funcional para os pacientes e para o ambiente hospitalar.

A crescente procura por serviços de emergência resulta na criação de cada vez mais filas nas portas dos prontos-socorros. Com isso, verificou-se a necessidade da reorganização do fluxo do processo de trabalho das equipes de saúde de modo que a ordem de atendimento passou a ser determinada pelos diferentes graus de necessidades dos pacientes (HUMANIZAÇÃO, 2004). Nos dias atuais, complexos protocolos de triagem são utilizados nos hospitais de todo o mundo (CHRIST et al., 2010). Esses protocolos são ferramentas que visam definir uma ordem para o atendimento dos pacientes de acordo com critérios preestabelecidos.

Além desses protocolos de triagem e classificação de risco, os protocolos de deterioração clínica de pacientes (gravidade) e sistemas de alerta precoce também vem sendo amplamente utilizados nas emergências de hospitais. Sua principal função é detectar alterações do estado fisiológico dos pacientes em relação aos seus sinais vitais (DAY; OLDROYD, 2010). Em um departamento de emergência, o sistema de alerta precoce pode ser utilizado ao longo de um sistema tradicional de triagem para identificar o risco de deterioração dos pacientes que precisam de uma rápida intervenção (DAY; OLDROYD, 2010).

Por se tratarem de regras muito bem definidas, pode-se observar que esses protocolos podem ser facilmente traduzidos para algoritmos de computadores. Sendo assim, todo esse processo pode ser efetuado através de um sistema informatizado. Isso vai ao encontro do uso de tecnologias móveis, visto que um profissional da área de saúde necessita de mobilidade para desempenhar suas tarefas (FARION et al., 2009).

Esse trabalho é uma continuação do UbiTriagem (WUNSCH; COSTA; RIGHI, 2017), que focou em elaborar um modelo semântico para a triagem de pacientes no departamento de emergência. Onde, baseado nos sinais vitais dos pacientes, coletados pelos enfermeiros, era capaz de definir a prioridade de um paciente com inferências efetuadas em uma base semântica gerada em cima de protocolos de triagem. O novo modelo proposto se diferencia em alguns aspectos, como, a inclusão de sensores IoT para a coleta desses sinais vitais e a monitorização dos pacientes para gerar alertas precoces de situações de risco dos pacientes.

## 1.1 Motivação

No contexto geral, observamos que tecnologias como o uso de tablets, smartphones e celulares estão cada vez mais comuns e inseridas em nosso cotidiano. Dispositivos móveis estão sendo utilizados nos mais diversos domínios da nossa sociedade como no turismo, ajudando turistas a viajar à lugares desconhecidos; na educação, facilitando o processo educativo; nos diversos setores comerciais; além da grande difusão destas tecnologias para a utilização pessoal (WANG; XIANG; FESENMAIER, 2014; GIKAS; GRANT, 2013; MEULEN; FORNI, 2017). A tecnologia móvel não é apenas uma invenção, ela pode ser considerada uma revolução, pois foi capaz de atingir o cotidiano das pessoas e fazer parte da vida delas, modificando suas rotinas e formas de tomar decisões.

Um forte argumento que comprova as afirmações anteriores são os dados referentes à comercialização de dispositivos móveis e computadores. Segundo Meulen e Forni (2017), a expectativa para 2017, 2018 e 2019 é de um aumento de, respectivamente, 0,9%, 0,5% e 1,8% nas remessas de celulares (MEULEN; FORNI, 2017). Além disso, é possível perceber uma estagnação nas remessas de computadores pessoais. A pesquisa indica que irá ocorrer um decréscimo de 1,8% (totalizando 265 milhões de unidades) na remessa de computadores pessoais em 2017, mantendo uma posição semelhante em 2018 e retomando sua posição atual somente no ano de 2019, conforme análise na Tabela 1; Em 2017, estima-se um aumento de 2% no gasto com celulares. As possíveis causas apontam para o aumento no preço dos componentes e, principalmente, para a troca de dispositivos básicos por dispositivos de melhor qualidade e mais ricos em recursos (MEULEN; FORNI, 2017). Os resultados mostram que existe uma tendência linear no mercado de computadores pessoais enquanto a ascensão dos dispositivos móveis é cada vez maior.

**Tabela 1:** Remessas de dispositivos no mundo por segmento (milhões de unidades)

| <b>Tipo de dispositivo</b>              | <b>2016</b>  | <b>2017</b>  | <b>2018</b>  | <b>2019</b>  |
|-----------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| PCs tradicionais (desktops e notebooks) | 220          | 205          | 196          | 191          |
| Ultramobiles (Premium)                  | 50           | 60           | 72           | 82           |
| <b>PCs</b>                              | <b>270</b>   | <b>265</b>   | <b>268</b>   | <b>273</b>   |
| Ultramobiles (Básicos e utilitários)    | 169          | 161          | 158          | 157          |
| <b>Dispositivos de computação</b>       | <b>439</b>   | <b>426</b>   | <b>426</b>   | <b>430</b>   |
| Telefones celulares                     | 1.893        | 1.910        | 1.920        | 1.954        |
| <b>Total</b>                            | <b>2.332</b> | <b>2.336</b> | <b>2.346</b> | <b>2.384</b> |

Fonte: Meulen e Forni (2017)

Outros dispositivos que vêm ganhando cada vez mais espaço no mercado mundial são os dispositivos vestíveis (do *inglês wearable devices*). Hoje essa tendência - que faz o uso de dispositivos móveis e vestíveis - é chamada de Internet das coisas (do *inglês Internet of things* ou *IoT*). Este, nada mais é do que dispositivos eletrônicos, objetos, pessoas, etc; formando uma rede de objetos que estão conectados à Internet e relacionados entre si sem a necessidade de

intervenção humana (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

De acordo com Woods e Meulen (2017), de 2015 à 2017 a adoção de dispositivos vestíveis irá crescer em 39%, como é possível observar na Tabela 2. Os smartwatches, dentre todos os vestíveis, tem o maior potencial de receita, podendo chegar a U\$ 14,5 bilhões em 2019 (WOODS; MEULEN, 2017). Esses dispositivos são capazes de coletar diversas informações, através de sensores, diretamente de seus utilizadores, tais como, movimentação, pulsação, pressão arterial, temperatura, etc. Em relação aos cuidados saúde, esses dispositivos vestíveis podem ser utilizados, por exemplo, nos departamentos de emergência para aferir os sinais vitais de pacientes.

**Tabela 2:** Previsão para dispositivos vestíveis em todo o mundo (milhões de unidades)

| <b>Dispositivo</b>                     | <b>2015</b>   | <b>2016</b>   | <b>2017</b>   |
|----------------------------------------|---------------|---------------|---------------|
| Smartwatch                             | 30,32         | 50,40         | 66,71         |
| Visor vestido na cabeça                | 0,14          | 1,43          | 6,31          |
| Câmera vestida no corpo                | 0,05          | 0,17          | 1,05          |
| Fone de ouvido bluetooth               | 116,32        | 128,50        | 139,23        |
| Pulseira                               | 30,15         | 34,97         | 44,10         |
| Traje inteligente                      | 0,06          | 1,01          | 5,30          |
| Cinta de peito                         | 12,88         | 13,02         | 7,99          |
| Relógio para esportes                  | 21,02         | 23,98         | 26,92         |
| Outros monitores de atividades físicas | 21,07         | 21,11         | 25,08         |
| <b>Total</b>                           | <b>232,01</b> | <b>274,59</b> | <b>322,69</b> |

Fonte: Woods e Meulen (2017)

A abordagem da utilização de dispositivos móveis e dispositivos vestíveis vem sido discutida desde 1991 com Mark Weiser, que usou pela primeira vez o termo computação ubíqua (ou computação pervasiva). Esse termo é usado para descrever a onipresença dos computadores no cotidiano das pessoas. Segundo Weiser (1991), as tecnologias mais profundas são aquelas que desaparecem; Elas integram-se ao cotidiano das pessoas até que sejam indistinguíveis dele. A computação ubíqua vislumbra a ideia de que os computadores devem estar tão atrelados a vida das pessoas de modo que elas não consigam perceber.

Desenvolver um sistema de computação ubíqua traz diversas barreiras, mas existem alguns pontos muito importantes que devem ser observados. Segundo Costa, Yamin e Geyer (2008), os desafios que devem ser enfrentados são a heterogeneidade, escalabilidade, confiabilidade e segurança, privacidade e segurança, interoperação espontânea, mobilidade, ciência de contexto, gerência e adaptação ao contexto, interação transparente com o usuário e a invisibilidade.

Computação ubíqua é um tema em grande ascensão na área de tecnologia da informação cujos eixos podem se estender para diversas outras áreas da nossa sociedade. A área médico-hospitalar é um exemplo de eixo que poderia se beneficiar dos sistemas ubíquos, para, por exemplo, o monitoramento de pacientes e o registro de sinais vitais.

Segundo o *National Institute for Health and Clinical Excellence* (NICE) o registro dos sinais vitais é insuficiente e incompleto (HEALTH; BRITAIN), 2007). As principais causas são



pressão no trabalho, falta de conhecimento da relação entre deterioração dos sinais vitais e deterioração aguda do estado do paciente e o excesso de confiança dos profissionais (CHRISTENSEN et al., 2011). Nesse sentido, podemos concluir que a avaliação da gravidade de um paciente não é apenas mais um indicador disponível, mas sim, aliado a um sistema de alerta precoce, é um importante método para auxiliar a equipe de saúde na tomada de decisões. Além disso, um estudo realizado por Hogan et al. (2012) avaliou cerca de 1000 mortes ocorridas em hospitais e concluiu que 5,2% dessas teriam uma probabilidade maior ou igual a 50% de terem sido prevenidas. As mortes, preveníveis, foram associadas a variadas causas, sendo que as mais frequentemente encontradas são a fraca monitorização dos sinais vitais, ou seja, pacientes que deveriam ter seu estado clínico monitorado, mas não tem, erros diagnósticos e uso inadequado de fluidos e drogas. Na maioria dos casos, mais do que um problema foi identificado (HOGAN et al., 2012).

Sendo assim, ao fazer uso de computação ubíqua e dos dispositivos IoT, é possível reduzir e otimizar o tempo que hoje se utiliza para o monitoramento intensivo dos pacientes que aguardam atendimento, além da possibilidade de alertar a equipe de saúde, de forma proativa, sempre que for necessário. A vantagem mais significativa do uso dessas tecnologias se reflete na possibilidade diminuir a taxa de mortalidade e de complicações graves dos pacientes que estarão sendo beneficiados pela mesma.

## 1.2 Questão de pesquisa

Em função disso, esse trabalho se propôs a investigar e estudar a computação ubíqua e a Internet das coisas com o intuito de criar um modelo computacional para ser utilizado no departamento de emergência de hospitais. Tendo identificado o problema que foi abordado no presente trabalho, que é sustentado pela crescente venda de dispositivos móveis e dispositivos vestíveis, unido à necessidade de proporcionar mobilidade aos profissionais da área da saúde, as falhas nos registros de sinais vitais e a possibilidade de prevenir mortes e maiores complicações com monitoramento dos pacientes; nossa questão de pesquisa é:

*“Como seria um modelo computacional para ser utilizado em qualquer departamento de emergência que, guiado pelos protocolos utilizados pelos hospitais, apoia a triagem e analisa a gravidade de um paciente, baseado no seu monitoramento através de dispositivos IoT, visando gerar alertas precoce para a equipe de saúde?”*

Portanto, esse trabalho não se preocupou somente em analisar quais recursos são necessários para um sistema em um departamento de emergência, mas também visou conectar essas funcionalidades e características de forma transparente aos profissionais da área de saúde e demais envolvidos. Criando, assim, uma solução de cuidados ubíquos de saúde que integra em um só modelo os conceitos de computação ubíqua, Internet das coisas (como fonte de dados), triagem de pacientes e sistema de alerta precoce. Isso, focando na interoperabilidade do modelo com variados protocolos de triagem e deterioração de sinais vitais e grande diversidade de sensores

e dispositivos móveis no mercado.

### 1.3 Objetivos

O objetivo geral para esse trabalho é propor um modelo computacional para ser utilizado em qualquer departamento de emergência capaz de apoiar a triagem, monitorar os sinais vitais dos pacientes e disparar alertas precoces para a equipe de saúde. Podendo, inclusive, fazer o uso de qualquer protocolo de triagem e deterioração de sinais vitais (gravidade) utilizados nos hospitais, visando, assim, diminuir o tempo gasto com a atividade de monitoramento de pacientes, empregada pelos enfermeiros, e a taxa de mortalidade e de complicações maiores através de alertas precoces que são enviados diretamente à equipe de saúde.

Para atingir esse objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- a) Desenvolver um modelo de ontologia para mapear o conhecimento necessário durante o atendimento inicial e acolhimento em um departamento de emergência;
- b) Integrar o conhecimento necessário para um sistema de alerta precoce ao modelo da ontologia;
- c) Compatibilizar essa ontologia com a base de conhecimento definida pelo openEHR;
- d) Possibilitar, através de dispositivos IoT, aferir os sinais vitais diretamente de pacientes para efetuar a triagem e monitorar a gravidade dos pacientes através do protocolo deterioração clínica;
- e) Prever alertas aos enfermeiros responsáveis pelo acolhimento, de acordo com critérios pré-estabelecidos pelos protocolos, referentes à alterações graves nos sinais vitais dos pacientes ou quando for necessário efetuar sua retriagem;
- f) Permitir a interoperabilidade entre diferentes protocolos de triagem e deterioração de sinais vitais e sensores e dispositivos móveis disponíveis no mercado;
- g) Implementar um protótipo do modelo proposto para efetuar sua avaliação, em um ambiente simulado, com dados reais obtidos de um departamento de emergência;
- h) Avaliar o quanto o modelo UbiTriagem 2 pode contribuir para melhorar a qualidade do trabalho do departamento de emergência.

### 1.4 Estrutura do texto

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. O primeiro capítulo trata de uma introdução acerca das motivações e os objetivos a serem alcançados por esse trabalho. O segundo, apresenta a fundamentação teórica, onde são definidos os conceitos de cuidados ubíquos

de saúde, ciência de contexto e situação, internet das coisas, sistemas de alerta precoce, triagem, ontologia e openEHR. O terceiro capítulo descreve os trabalhos relacionados e visa delinear um comparativo entre os mesmos. No quarto capítulo é apresentado o modelo proposto, trazendo as decisões de projeto, uma visão geral do modelo e o detalhamento de todos os componentes da solução proposta. O quinto capítulo descreve a metodologia de avaliação que foi aplicada, apresenta a implementação do protótipo e os resultados alcançados com o modelo. Por fim, no sexto capítulo as considerações finais desse trabalho são apresentadas, com a conclusão e trabalhos futuros.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo apresenta os conceitos básicos que foram utilizados no desenvolvimento do modelo proposto por esse trabalho. Inicialmente, é abordado cuidados ubíquos de saúde, que servirá como base para os demais assuntos apresentados. Logo após, é apresentado o conceito de ciência de contexto e situação, pois foi o incessante estudo dessa área que contribuiu para que a computação móvel chegasse ao patamar atual. Esse capítulo também aborda o monitoramento de pacientes e a Internet das coisas, pois eles contribuem para o entendimento do contexto do presente trabalho e fazem parte do modelo desenvolvido. Esses dois conceitos são o alicerce para sistemas de alerta precoce que é descrito a seguir. Após, é apresentado o conceito de triagem e retriagem de pacientes; E, por fim, traremos os aspectos relacionados à ontologias e web semântica e openEHR, pois esses conceitos se fazem necessários para a construção de uma base de conhecimento em que une a triagem de pacientes e sistemas de alerta precoce no departamento de emergência de hospitais.

### 2.1 Cuidados ubíquos de saúde

Weiser (1991) visionou o que seria computação ubíqua. Segundo o autor, ela tornaria a interação entre o ambiente, usuário e tecnologia invisíveis, ou seja, a tecnologia estaria inserida de forma tão natural no cotidiano das pessoas que o usuário perderia a ciência da sua existência. Duas questões foram apontadas como de suma importância para que isso fosse possível: a noção de localização, ou seja, os dispositivos precisavam ter ciência de onde estavam localizados; e o tamanho, quanto menor, mais imperceptíveis (WEISER, 1991).

Conforme Satyanarayanan (2011), “a informação ao seu alcance em qualquer lugar, a qualquer momento”, tem sido a visão que conduz a computação móvel para as duas últimas décadas. O autor defende que esta afirmação só pôde ser alcançada através de inovações na tecnologia de redes sem fio, maior eficiência energética e hardwares cada vez mais portáteis com softwares cada vez mais adaptáveis. Segundo Weiser (1991), caso os dispositivos souberem pelo menos em que espaço eles estão localizados, eles podem adaptar seus comportamentos tornando a interação com o usuário mais amigável.

Na última década, houve um interesse crescente na pesquisa de dispositivos vestíveis para medições de sinais vitais, devido ao seu potencial de aplicações na medicina, esportes e segurança. O advento das novas tecnologias de comunicação, tecnologias móveis e a integração de diversos sensores em dispositivos inteligentes viabilizou que médicos e profissionais da área da saúde pudessem acessar o registro de pacientes de qualquer lugar à qualquer momento. Essa evolução pode ser definida como saúde ubíqua (do inglês *ubiquitous health*) (YU; GUMMA-DIKAYALA; MUDUMBI, 2008).

O objetivo desse conceito emergente é aproximar os serviços médicos em ambos os lados, tanto para pacientes quanto para profissionais da área da saúde. A partir dessa definição,

deriva-se um outro conceito; um sistema para cuidados de saúde de forma ubíqua implica em um ambiente que pacientes possam receber a qualquer momento tratamento médico, assim como também possam transmitir informações pertinentes à sua saúde de forma remota. Esse propósito, de manter os cuidados da saúde de forma ubíqua, é chamado por alguns autores de cuidados ubíquos de saúde (do inglês *ubiquitous healthcare*) (GELOGO; KIM, 2013).

Sistemas ubíquos de cuidados de saúde tem como objetivo monitorar pacientes, permitindo que eles mantenham suas atividades diárias, a fim de alertar os próprios pacientes ou profissionais da área da saúde de possíveis problemas, bem como a coleta de dados para análise de tendências e pesquisas médicas. O monitoramento contínuo desses registros de saúde podem resultar em um melhor diagnóstico e maior saúde e bem-estar aos pacientes (GELOGO; KIM, 2013; RAHMANI et al., 2015).

Ng (2012) aborda alguns exemplos desses serviços médicos que podem ser oferecidos a partir do estudo das tecnologias disponíveis hoje em dia nos dispositivos móveis. Com base nessa análise, podemos entender melhor o papel desses dispositivos na saúde ubíqua:

- **Serviços de rastreamento de localização:** fornece a localização precisa em tempo real para o sistema de saúde. Isso é provado ser uma tecnologia crucial para permitir saúde ubíqua para cuidar de idosos, deficientes visuais e deficientes intelectuais;
- **Monitoramento e reabilitação comportamental:** é possível monitorar o comportamento e construir programas de reabilitação para um grupo alvo de doentes. Um telefone celular pode fornecer alertas amigáveis que leva o paciente a realizar certas rotinas, como exercícios diários, tomar remédios, ir para lugares, etc;
- **Análise do sono:** através do uso de sensores dos dispositivos móveis é possível monitorar o comportamento do sono do paciente;
- **Monitoramento dos sinais vitais:** módulos e aplicativos para dispositivos móveis monitoram os sinais vitais. Essas informações são armazenadas no aparelho e podem ser exportadas para bases de registros médicos para análises posteriores;
- **Pedômetro e detecção de queda:** é possível contar a quantidade de passos que um paciente faz ao longo do dia. Além disso, essa mesma tecnologia pode ser utilizada para detectar quedas.

Brown e Adams (2007) completam que através de sensores e atuadores é possível ir mais longe e disparar ações, como a liberação de pequenas quantidades de produtos farmacêuticos para a corrente sanguínea ou a estimulação elétrica de áreas cerebrais. Contudo, o principal objetivo desses sensores e atuadores é ajudar os pacientes e seus cuidadores a monitorar o estado de saúde e a criação e implementação de intervenções para melhorar esse estado.

## 2.2 Ciência de contexto e situação

A adaptação de softwares, citada pelos autores anteriores, pôde ser alcançada através do estudo de ciência de contexto. Esse termo, para computação, começou a ser desenvolvido em 1994. Conforme Schilit, Adams e Want (1994), através da computação móvel os dispositivos estão constantemente trocando seu ambiente de execução; A quantidade de processadores disponíveis para determinada tarefa, dispositivos de entrada acessíveis para o usuário, capacidade de rede e custos de conexão podem mudar ao longo do tempo e lugar. Explorar essa troca de ambiente, criando sistemas que se adaptam com a localização, luz, barulho, conectividade, custo e capacidade da conexão e até aspectos sociais, identificando pessoas e objetos próximos e tendo conhecimento das trocas desses objetos é o objetivo da ciência de contexto (SCHILIT; ADAMS; WANT, 1994).

Além disso, Dey (2001), complementa essa definição citando que um sistema é sensível ao contexto se ele o usa para fornecer informações e/ou serviços relevantes para o usuário, onde essa relevância depende estritamente da tarefa efetuada pelo mesmo.

Schilit, Adams e Want (1994), afirmam que existem quatro aspectos importantes para a ciência de contexto: onde você está, quem você é, com quem você está e quais recursos estão próximos a você. Além desses aspectos, Dey (2001), define três tipos de categorias de funcionalidades que aplicações sensíveis ao contexto podem suportar:

- Apresentação de informações e serviços a um usuário;
- Execução automática de um serviço para um usuário;
- Marcação de contexto à informação para apoiar a recuperação posterior.

No entanto, segundo Marilza Pernas et al. (2012), uma situação pode ser definida como uma interpretação de um conjunto de dados contextuais, relativos a cada um deles, a fim de fornecer uma informação que é válida em um intervalo de tempo específico. Ou seja, através da ciência de situação, é possível proporcionar que aplicativos tenham a capacidade de perceber e compreender a situação do atual, com a finalidade de antecipar ou prever sua demanda em um futuro próximo (SALMON; STANTON; JENKINS, 2017). Em 1995, Endsley (1995) define a ciência de situação como “ciência de situação é a percepção dos elementos no ambiente dentro de um volume de tempo e espaço, a compreensão do seu significado e projeção de seu estado em um futuro próximo”.

## 2.3 Internet das coisas e dispositivos para o monitoramento de pacientes

Com a finalidade de antecipar essa demanda, pode-se fazer o uso de dispositivos inteligentes interconectados para auxiliar no entendimento de um determinado contexto. Isso vai ao encontro do uso de Internet das coisas. Esse conceito promete criar um mundo onde todos os objetos

ao redor são conectados a Internet e se comunicam uns com os outros sem a necessidade de intervenção humana (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010). Seu objetivo base está na aplicação de recursos computacionais em objetos físicos comuns (eletrodomésticos, elevadores, pontos de ônibus, etc.) e na construção de uma rede que engloba a comunicação entre esses objetos com outros dispositivos e seus utilizadores (ATZORI; IERA; MORABITO, 2010).

Segundo (BLAKE, 2015; JHA, 2017), a Internet das coisas para cuidados de saúde tem emergido recentemente como uma abordagem para cuidados de saúde personalizados e faz o uso de dispositivos vestíveis (do inglês *wearable devices*) para o monitoramento da saúde dos pacientes. Esses dispositivos são pequenos sensores sem fio espalhados pelo corpo, interligados através de uma *Body Area Network* (BAN) e que transmitem os dados de sinais vitais a um dispositivo móvel através de tecnologias de comunicação como ZigBee ou Bluetooth (CHEN et al., 2010).

A mobilidade é uma característica chave que tornou esses dispositivos viáveis, além de uma restrição em seu design. Para alcançar essa característica os sensores devem ser pequenos, de baixo peso, baixo consumo de energia e, claro, sem fio (YILMAZ; FOSTER; HAO, 2010). Além do mais, existem diversos tipos de dispositivos e sensores; Por exemplo, na forma de relógio de pulso, ombreira, cinta para o tórax, colar, etc (GELOGO; KIM, 2013).

Esses dispositivos não necessariamente precisam ter mobilidade. Os hospitais já dispõem de diversos dispositivos convencionais para monitoramento de sinais vitais que não possuem mobilidade. Entretanto, alguns desses dispositivos se comunicam através de padrões definidos pelo *Health Level 7* (HL7), o que contribui para sua integração com outros sistemas. O HL7 refere-se a um conjunto de normas, que se tornaram padrão do *American National Standards Institute* (ANSI), para a representação e a transferência de dados clínicos e administrativos entre sistemas de informação em saúde (DOLIN et al., 2006).

Conforme Yilmaz, Foster e Hao (2010), esses dispositivos podem ser utilizados para medir as condições do corpo e quaisquer outras características fisiológicas que possam ser aferidas para o fim de visualizar a situação atual de saúde. Elliott e Coventry (2012) complementa que existem oito sinais vitais que são mais comumente utilizados para o monitoramento de pacientes. Esses sinais vitais são:

- Temperatura
- Pulso;
- Pressão arterial;
- Frequência da respiração;
- SpO<sub>2</sub>;
- Dor;
- Nível de consciência;



- Produção de urina.

Todas essas informações aferidas no monitoramento de sinais vitais podem ser combinadas ao uso de dispositivos móveis para reforçar o conceito de computação móvel e ubíqua. Ou seja, a ideia de que a computação está cada vez mais transparente e presente na vida dos usuários, auxiliando em suas mais diversas tarefas diárias, de modo quase imperceptível e onipresente. Essas tecnologias estão sendo amplamente estudadas em diversas áreas e apoiando conceitos cada vez mais específicos.

## 2.4 Sistemas de alerta precoce

Relacionado à área da saúde, por exemplo, um dos conceitos favorecidos pela Internet das coisas é o de sistemas de alerta precoce. A principal função de um sistema de alerta precoce é detectar alterações do estado fisiológico dos pacientes em relação aos seus sinais vitais. Qualquer alteração significativa deve gerar alertas para a equipe de resposta rápida que prontamente deve tomar a devida conduta ao paciente (DAY; OLDROYD, 2010). Um sistema de alerta precoce consiste em uma série de *checklists* e parâmetros clínicos padronizados, constituindo uma ferramenta simples na identificação de pacientes com risco iminente de morte, beneficiando-se assim da admissão na UTI, conforme mostram vários estudos (TAVARES et al., 2010).

Os sistemas de alerta precoce são focados em dois requisitos chave. Primeiro, devem incluir um método de medição sistemático dos parâmetros fisiológicos, detectando precocemente a deterioração aguda dos pacientes e, também, devem estimar a gravidade da alteração detectada definindo o grau de urgência do atendimento e o correto escalonamento ao time de resposta rápida (WILLIAMS et al., 2012).

O conceito de sistema de alerta precoce foi introduzido, em 1997, por Morgan, Williams e Wright (1997) com base na premissa de que pequenas alterações dos sinais vitais, de forma ponderada e agregada (ao invés de grandes alterações, consideradas individualmente), podem ativar o alerta para os pacientes em risco de deterioração. Os parâmetros fisiológicos mais utilizados para esse sistema de pontuação são a taxa de batimentos cardíacos, taxa de respiração, pulsação, temperatura, nível de consciência e a produção de urina (DAY; OLDROYD, 2010).

Em um departamento de emergência, o sistema de alerta precoce pode ser utilizado ao longo de um sistema tradicional de triagem para identificar o risco de deterioração dos pacientes que precisam de uma rápida intervenção (DAY; OLDROYD, 2010). Os protocolos mais utilizados são MEWS, SEWS, GMEWS, Worthing, ViEWS e o NEWS (ROMERO-BRUFU et al., 2014).

O protocolo NEWS, um dos mais utilizados hoje no mundo todo, é uma versão ligeiramente modificada do VitalPAC® Early Warning System (ViEWS) e foi proposta com o objetivo de uniformizar e padronizar a avaliação e resposta aos pacientes em deterioração, no Reino Unido (WILLIAMS et al., 2012). Essa padronização permite a associação a princípios claros e precisos e está organizado de forma a oferecer uma resposta eficaz aos pacientes em iminência de (ou em) deterioração. O seu uso é aconselhado na triagem, durante o internamento e também na



assistência pré-hospitalar (WILLIAMS et al., 2012).

O NEWS é calculado para qualquer paciente que necessita de cuidados pela equipe de saúde, tendo como base 7 parâmetros vitais: Pressão arterial sistólica, frequência cardíaca, frequência respiratória, temperatura, estado mental, SpO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> (veja na Tabela 3). Sendo assim, cada sinal vital do paciente é prontamente associado a uma pontuação. Conforme é o resultado da soma dessas pontuação, define-se o risco do paciente, como pode ser observado na Tabela 4.

**Tabela 3:** National Early Warning Score. Legenda: A - Alerta; V - Responde à voz; P - Responde à dor; U - Inconsciente

| Pontuação                            | 3     | 2      | 1         | 0         | 1         | 2       | 3        |
|--------------------------------------|-------|--------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|
| Pressão arterial sistólica (mmHg)    | ≤90   | 91-100 | 101-110   | 111-219   |           |         | ≥220     |
| Frequência cardíaca (bpm)            |       |        | 41-50     | 51-90     | 91-110    | 111-130 | ≥131     |
| Frequência respiratória (ciclos/min) | ≤8    |        | 9-11      | 12-20     |           | 21-24   | ≥25      |
| Temperatura (°C)                     | ≤35,0 |        | 35,1-36,0 | 36,1-38,0 | 38,1-39,0 | ≥39,1   |          |
| Estado mental                        |       |        |           | A         |           |         | V,P ou U |
| SpO <sub>2</sub>                     | ≤91   | 92-93  | 94-95     | ≥96       |           |         |          |
| O <sub>2</sub>                       |       | Sim    |           | Não       |           |         |          |

Fonte: Williams et al. (2012)

**Tabela 4:** Risco clínico de acordo com a pontuação obtida.

| Pontuação                           | Risco |
|-------------------------------------|-------|
| 0                                   | Baixo |
| 1-4                                 | Baixo |
| Parâmetro individual com valor de 3 | Médio |
| 5-6                                 | Médio |
| ≥7                                  | Alto  |

Fonte: Williams et al. (2012)

## 2.5 Triagem e retriagem

Além dos protocolos de sistemas de alerta precoce, existem protocolos específicos para a triagem de pacientes. Segundo Humanização (2004), esses protocolos englobam um processo de identificação dos pacientes que necessitam de tratamento de acordo com seu potencial de risco. Essa mesma publicação complementa:

Com a crescente demanda e procura dos serviços de urgência e emergência, observou-se um enorme fluxo de “circulação desordenada” dos usuários nas portas do pronto-socorro, tornando-se necessária a reorganização do processo de trabalho deste serviço de saúde de forma a atender os diferentes graus de especificidade e resolutividade na assistência realizada aos agravos agudos de forma que a assistência prestada fosse de acordo com diferentes graus de necessidades ou sofrimento e não mais impessoal e por ordem de chegada.

De acordo com Humanização (2004), seus principais objetivos são:

- Avaliar o paciente logo na sua chegada ao pronto-socorro humanizando o atendimento;
- Descongestionar o pronto-socorro;
- Reduzir o tempo para o atendimento médico, fazendo com que o paciente seja visto precocemente de acordo com a sua gravidade;
- Determinar a área de atendimento primário, devendo o paciente ser encaminhado diretamente às especialidades conforme protocolo. Por exemplo, ortopedia, ambulatórios, etc;
- Informar os tempos de espera;
- Promover ampla informação sobre o serviço aos usuários;
- Retornar informações à familiares.

O processo de triagem deve ser realizado por um profissional da área de saúde, de nível superior, mediante treinamento específico e utilização de protocolos preestabelecidos que tem por objetivo avaliar o grau de urgência das queixas dos pacientes, colocando-os em ordem de prioridade para o atendimento. Nessa triagem classificatória é vedada a dispensa de pacientes para que estes recebam atendimento médico (SAÚDE, 2006).

Segundo Christ et al. (2010), os principais protocolos para triagem são:

- **Australasian Triage Scale (ATS):** esse protocolo está empregado em todos os departamentos de emergência da Austrália desde 1994. Cada nível de prioridade tem um limite de tempo definido dentro do qual a avaliação por um médico deve começar;
- **Canadian Triage And Acuity Scale (CTAS):** baseado no ATS, foi desenvolvido na década de 1990 por médicos de emergência em New Brunswick, Canadá. Desde 1997, os parâmetros da CTAS são obrigatoriamente documentados pelo Instituto Canadense de Informação em Saúde. No CTAS uma extensa lista de queixas e sintomas clínicos é usado para determinar o nível de triagem. Estes incluem parâmetros anamnésicos associados com alto risco, por exemplo, intoxicação, em conjunto com os sinais clínicos, os parâmetros vitais e sintomas como falta de ar ou dor abdominal. A triagem deve ser repetida após um tempo de espera definido, ou quando há uma alteração nos sintomas do paciente;
- **Manchester Triage System (MTS):** é utilizado em departamentos de emergência na Grã-Bretanha e, em uma tradução modificada, nos serviços de emergência Alemães. O MTS segue uma abordagem específica: as principais queixas apresentadas do paciente são atribuídas a um dos 52 diagramas de fluxo, por exemplo, lesões na cabeça ou dor abdominal. Discriminadores chave são definidos para cada um desses diagramas, tais

como perigo para a vida, dor, ou estado de consciência. Quando um novo paciente entra no departamento de emergência, a enfermeira da triagem atribui suas queixas relatadas a um algoritmo definido e, em seguida, determina a prioridade de tratamento com a ajuda de regras fixas que levam em conta os sinais vitais do paciente;

- **Emergency Severity Index (ESI):** é um algoritmo de triagem de cinco níveis, que foi desenvolvido nos Estados Unidos da América (EUA) na década de 1990. Prioridade de tratamento é decidido com base na gravidade da doença e as necessidades de recursos previstos. O algoritmo de triagem consiste em quatro pontos de decisão onde a enfermeira da triagem treinada faz perguntas específicas. Primeiro, os pacientes com condições de risco de vida (níveis ESI 1 e 2) são identificados. Os pacientes instáveis são normalmente atribuídos ao ESI nível 1, por exemplo, na presença de instabilidade hemodinâmica ou respiratória. Pacientes com sintomas (potencialmente) de risco de vida, por exemplo, dor torácica na síndrome coronariana aguda ou perda de consciência, e também aqueles com dor severa, doenças psiquiátricas, ou estados de intoxicação, são atribuídos a nível triagem 2. Os níveis restantes (3 a 5) são definidos pelas necessidades de recursos esperados e os sinais vitais.

Inserida dentro do processo de triagem, a retriagem é uma etapa importante contida nesse processo e ocorre quando uma nova avaliação do paciente é efetuada caso haja necessidades clínicas para isso (RAHMAT et al., 2013). Segundo Christ et al. (2010), três dos quatro principais protocolos de triagem - Australasian Triage Scale (ATS), Canadian Triage And Acuity Scale (CTAS), Manchester Triage System (MTS) e Emergency Severity Index (ESI) - inserem a retriagem em seu fluxo.

Em apenas um dos principais protocolos de triagem é definida uma periodicidade para a retriagem dos pacientes. Entretanto, os demais protocolos, que aplicam essa etapa durante o processo de triagem, apenas adotam que a retriagem deve ser utilizada quando necessário (CHRIST et al., 2010). Sendo assim, por um lado, pode-se estar fazendo verificações desnecessárias junto aos pacientes caso adotada uma periodicidade fixa para efetuar a retriagem. Por outro lado, aplicá-la quando necessário é, de certa forma, muito subjetivo. Nesse aspecto é importante conseguir determinar o momento correto da retriagem visando eliminar esses problemas mencionados.

## 2.6 Ontologias e web semântica

Conforme pode ser observado anteriormente, os protocolos de triagem são ferramentas formadas por diagramas de fluxos e algoritmos que guiam os profissionais da área da saúde a efetuar a classificação de acordo com parâmetros preestabelecidos que se baseiam nas queixas dos pacientes. Isso converge ao estudo de ontologias, pois de acordo com Noy e McGuinness (2001), um dos objetivos de se desenvolver uma ontologia é para representar o conhecimento

sobre determinado assunto para que agentes eletrônicos consigam responder, através dela, consultas de usuários sobre esse assunto.

Uma ontologia é uma representação do conhecimento que define um vocabulário formal comum para compartilhar informações sobre um determinado domínio (QUAN; HAARSLEV, 2017). Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001), defendem que pesquisadores em inteligência artificial e web definem ontologia como um documento ou arquivo que define formalmente relações entre termos. Segundo Noy e McGuinness (2001), ontologias tem se tornado cada vez mais comuns na Web. O próprio consórcio *World Wide Web Consortium* (W3C) está desenvolvendo uma linguagem chamada *Resource Description Framework* (RDF) para fazer com que as páginas possam ser compreensíveis pelas máquinas.

Além disso, podemos utiliza-las para obter mais conhecimento em cima de um conhecimento já pré-existente. Essa descoberta de conhecimento obtida em cima da própria base de conhecimento é chamada de raciocínio (ou inferência) (NOY; MCGUINNESS, 2001). Ou seja, uma inferência pode ser utilizada, por exemplo, para se identificar um ator que está realizando uma determinada atividade baseado em alguns fatos pré-existentes (RIBONI et al., 2011).

Ontologias são desenvolvidas para diversas finalidades como, por exemplo, para compartilhar o entendimento comum de uma estrutura de informação entre pessoas ou máquinas; para permitir a reutilização do conhecimento de domínio; para fazer suposições explícitas de domínio; para separar o conhecimento do domínio do conhecimento operacional; ou para analisar o conhecimento do domínio (NOY; MCGUINNESS, 2001). Elas também estão sendo amplamente utilizadas em toda a Internet (web semântica) e por grandes empresas no mercado público e privado (BERNSTEIN; HENDLER; NOY, 2016).

## 2.7 openEHR

Indo ao encontro da ideia de ontologias e web semântica de criar bases de conhecimento e padrões de vocabulários sobre determinados assuntos, o openEHR, desenvolvido pela openEHR Foundation<sup>1</sup>, é uma plataforma de saúde interoperável e aberta. Seu maior componente é um PEP (prontuário eletrônico do paciente), que visa transformar dados físicos dos pacientes - relacionados ao prontuário - em dados eletrônicos (BEALE et al., 2006a).

Segundo Beale et al. (2006a), a plataforma se propõe a suportar os seguintes requisitos:

- Capacidade de registrar qualquer informação clínica, incluindo resultados de laboratório complexos baseados em tempo, imagens, diagnósticos, planos de cuidados, avaliações, material de educação para o paciente, estado, instruções baseadas no fluxo de trabalho e informações de intervenção;
- Arquétipos e modelos de todos os sistemas clínicos, capacitando os profissionais clínicos

---

<sup>1</sup>Disponível em: <http://www.openehr.org/>

a definir o conteúdo, a semântica e as interfaces de usuário dos sistemas independentemente do software;

- Integração adequada com os sistemas terminológicos, incluindo SNOMED-CT<sup>2</sup>, para que seja possível inferências e a tomada de decisões confiáveis com base nos dados do PEP; LOINC<sup>3</sup>, para que a rastreabilidade e o compartilhamento de dados laboratoriais sejam possíveis; e classificações ICDx<sup>4</sup> e ICPC<sup>5</sup>, permitindo reembolso confiável, gestão e estudos de saúde pública;
- Capacidade de integrar openEHR com sistemas de mensagens, em específico HL7 versão 2 e EDIFACT, através da utilização de “arquétipos legados” e definições sistemáticas de mapeamento;
- Capacidade de integração com sistemas de informação hospitalares existentes e outras bases de dados, também através da utilização de arquétipos legados;
- Versionamento distribuído e mesclando com o PEP, informações demográficas e outras;
- Tornar a arquitetura composta, adaptável e à prova de futuro, de modo que possa ser uma base confiável para o gerenciamento de 100 anos ou mais de registros de saúde;

Sua arquitetura incorpora mais de 15 anos de pesquisa de inúmeros projetos e padrões de todo o mundo. Por causa de sua arquitetura ser altamente genérica e baseada em arquétipos, o openEHR satisfaz muitos requisitos derivados do conceito de prontuário eletrônico de pacientes (BEALE et al., 2006b). A abordagem openEHR é uma modelagem de vários níveis, dentro de uma arquitetura de software orientada a serviços, na qual modelos construídos por especialistas em domínio estão em sua própria camada (WHAT IS OPENEHR?, 2017). Ela é delineada por um conjunto de especificações publicadas pela OpenEHR Foundation. Esses níveis são o modelo de referência, arquétipos, *templates* e artefatos.

O modelo de referência é um modelo de informação muito estável que define as estruturas lógicas de um PEP e dados demográficos. Todos os dados de um PEP em qualquer sistema openEHR devem obedecer a este modelo de referência. O nível dos arquétipos consiste em uma biblioteca de pontos de dados/grupos de dados que são independentes para uso particular; A biblioteca internacional de arquétipos openEHR (CKM) contém atualmente cerca de 500 arquétipos, ou 6.500 pontos de dados. No próximo nível, os pontos de dados e os grupos de dados são montados em conjuntos de dados específicos do contexto; No openEHR, estes são chamados *templates*. Por fim, o último nível (e mais próximo do usuário) é o de artefatos gerados por modelo, como, por exemplo, interfaces de programas de aplicativos, XSDs, formulários de interface do usuário, etc (WHAT IS OPENEHR?, 2017).

---

<sup>2</sup>Disponível em: <http://www.snomed.org/snomed-ct>

<sup>3</sup>Disponível em: <https://www.loinc.org/>

<sup>4</sup>Disponível em: <http://www.who.int/classifications/icd/en/>

<sup>5</sup>Disponível em: <http://www.globalfamilydoctor.com/groups/WorkingParties/wicc.aspx>

Para possibilitar a troca de dados entre sistemas baseados em diferentes linguagens são utilizados os arquétipos, que são modelos independente de linguagens (BUCK et al., 2009). Os arquétipos podem ser divididos em classes de acordo com seu conteúdo, que são composição, seção, entrada (observação, avaliação, instrução e ação), estrutura, cluster, elemento e demográfico. Eles estão sendo utilizados por diversos governos nacionais para especificar normas nacionais de informação referentes à saúde de países como, por exemplo, Austrália, Brasil, Chile, Dinamarca, Eslováquia, Eslovênia, Holanda, Nova Zelândia, Reino Unido e Suécia (WHO IS USING OPENEHR?, 2017).



### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

Baseado nos conceitos apresentados anteriormente, esse capítulo apresenta um mapeamento sistemático de literatura cujo objetivo foi encontrar trabalhos relacionados que aplicam a Internet das coisas durante o processo de triagem de pacientes no departamento de emergência de hospitais. Sendo assim, foi possível encontrar 16 modelos voltados ao assunto de interesse. Esses artigos foram localizados através de uma técnica de mapeamento sistemático de literatura, que será descrita na primeira seção; a segunda seção traz uma análise comparativa entre os modelos encontrados; e, por fim, na terceira seção desse capítulo, são expostas as lacunas de pesquisa encontradas.

#### 3.1 Mapeamento sistemático de literatura

Um mapeamento sistemático de literatura é um modelo de comparação que visa criar um entendimento completo sobre o estado da arte em um tema específico (KITCHENHAM et al., 2009). Esse mapeamento foi realizado para a) examinar essas contribuições produzidas ao longo do tempo, e b) categorizar as abordagens publicadas para criar um modelo de comparação. Esse método foca-se na coleta de dados estatísticos relativos a um conjunto de questões de pesquisa e fornece uma base de conhecimento para futuras pesquisas em determinado tema de pesquisa. A seguir são apresentadas a estratégia de pesquisa utilizada, as etapas de execução da pesquisa e os resultados obtidos com a execução da mesma.

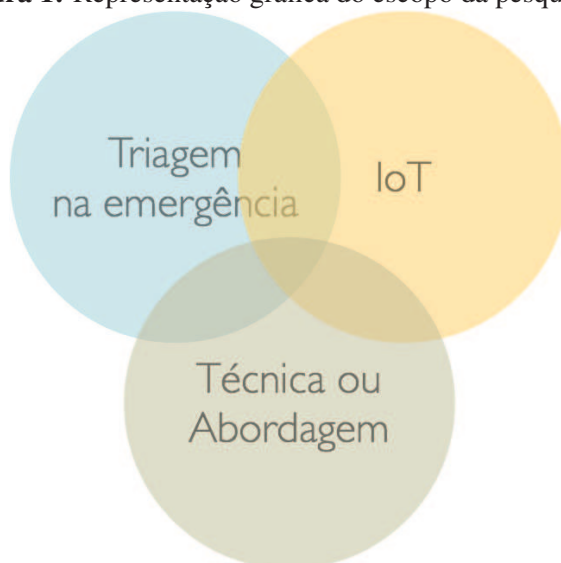
##### 3.1.1 Estratégia de pesquisa

Essa pesquisa foi fundamentada em três pilares, como pode ser observado na Figura 1; A triagem de pacientes no contexto do departamento de emergência; A Internet das coisas, ou seja, como se relaciona esse conceito emergente com os demais pilares dessa pesquisa; E, por fim, as técnicas ou abordagens, sendo assim, quais são as técnicas ou abordagens empregadas nos artigos analisados. Com isso, o escopo geral dessa pesquisa foi analisar como se relaciona o conceito de Internet das coisas com a triagem de pacientes dentro do departamento de emergência em hospitais e quais são as técnicas ou abordagens utilizadas pelos modelos propostos.

As fontes de pesquisa utilizadas para a busca de artigos relacionados às questões de pesquisa são listadas na Tabela 5. No nosso ponto de vista, entendemos que são muito apropriados para esse mapeamento sistemático de literatura, pois elas agregam inúmeros trabalhos publicados em periódicos, revistas, conferências e simpósios que são de qualidade reconhecida pela comunidade de pesquisadores.

Para a pesquisa pelos estudos publicados, definimos os termos que juntos formam uma *string* de pesquisa que foi utilizada nas fontes listadas na Tabela 5. Os termos utilizados foram baseados nos três pilares do escopo dessa pesquisa. Foram desenvolvidas diversas combinações



**Figura 1:** Representação gráfica do escopo da pesquisa.

Fonte: Elaborada pelo autor.

entre esses três pilares e seus sinônimos. Dentre elas, a que obteve os resultados mais relevantes nos motores de pesquisa foi:

*(triage AND (“emergency department” OR a&e OR “emergency room”)) AND (wearable OR iot OR “internet of things”) AND (method OR approach OR system OR framework OR model OR architecture OR middleware)*

### 3.1.2 Execução da pesquisa

A execução da pesquisa consistiu em executar a estratégia de pesquisa, descrita na em uma subseção anterior. Essa pesquisa foi executada durante o período de novembro de 2016 a fevereiro de 2017 e obteve como resultado inicial 533 artigos relacionados. Os resultados obtidos

**Tabela 5:** Fontes de pesquisa utilizados nesse mapeamento sistemático de literatura.

| <b>Fonte</b>                         | <b>Endereço</b>                                                                         |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ACM Digital Library                  | <a href="http://dl.acm.org/">http://dl.acm.org/</a>                                     |
| CiteSeerX Library                    | <a href="http://citeseerx.ist.psu.edu/">http://citeseerx.ist.psu.edu/</a>               |
| Elsevier B. V. ScienceDirect         | <a href="http://www.sciencedirect.com/">http://www.sciencedirect.com/</a>               |
| Google Scholar                       | <a href="https://scholar.google.com.br/">https://scholar.google.com.br/</a>             |
| IEEE Xplore Digital Library          | <a href="http://ieeexplore.ieee.org/">http://ieeexplore.ieee.org/</a>                   |
| IET Digital Library                  | <a href="http://digital-library.theiet.org/">http://digital-library.theiet.org/</a>     |
| JMIR Publications Library            | <a href="https://www.jmir.org/">https://www.jmir.org/</a>                               |
| PubMed                               | <a href="https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/">https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/</a> |
| Scientific Electronic Library Online | <a href="http://www.scielo.org/">http://www.scielo.org/</a>                             |
| Springer Science                     | <a href="http://www.springer.com/">http://www.springer.com/</a>                         |

Fonte: Elaborada pelo autor.

foram agrupados por fonte de pesquisa e podem ser observados na Figura 2.

Dos 533 artigos encontrados com a busca efetuada nas fontes de pesquisa, foram efetuados filtros baseados nos critérios de exclusão desenvolvidos a partir da metodologia proposta por Kitchenham et al. (2009). Partindo desse levantamento inicial, 31,0% dos artigos foram filtrados pelos critérios de exclusão - CE1 (artigos não escritos em língua inglesa), CE2 (artigos que não são de alguma conferência, workshop ou periódico internacional) e CE3 (produções publicadas por organizações fora dos canais de publicação e distribuição comerciais ou acadêmicos) - quando aplicados aos títulos desses artigos. Restaram 368 artigos após essa etapa. Na etapa posterior, os critérios de exclusão CE4 (artigos que não estão relacionados com a triagem de pacientes na emergência), CE5 (artigos que não estão relacionados com Internet das coisas) e CE6 (artigos que não estão relacionados com alguma técnica ou método empregado) foram também aplicados aos títulos e mais 44,8% de artigos foram filtrados, restando 203 artigos ao final dessa etapa. Esses mesmos critérios de exclusão também foram aplicados nos resumos e mais 57,6% dos artigos foram removidos. Após essa etapa de filtragem, 86 artigos restaram. Os artigos os remanescentes foram combinados para a execução da etapa de remoção de artigos duplicados (CE7). Com isso, 22,1% dos artigos duplicados foram eliminados, restando apenas 67. Esses, os quais, foram lidos por completo durante a etapa de filtro por todo o texto. Os critérios de exclusão CE4, CE5, CE6 e CE8 (artigos com nível muito baixo de abstração) foram aplicados e mais 70,1% dos artigos foram filtrados. Nos 20 artigos restantes, foram selecionados apenas os mais representativos de uma série de publicações derivadas (CE9), com isso mais 20,0% dos artigos foram excluídos.

Ao final restaram 16 artigos que são o resultado desse mapeamento sistemático de literatura. Estes podem ser observados na Tabela 6, que traz a listagem completa e sua referência, ordenados pelo nome do artigo. Entre uma etapa e outra, os artigos que não se encaixavam com segurança nos critérios de exclusão eram novamente analisados na etapa posterior.

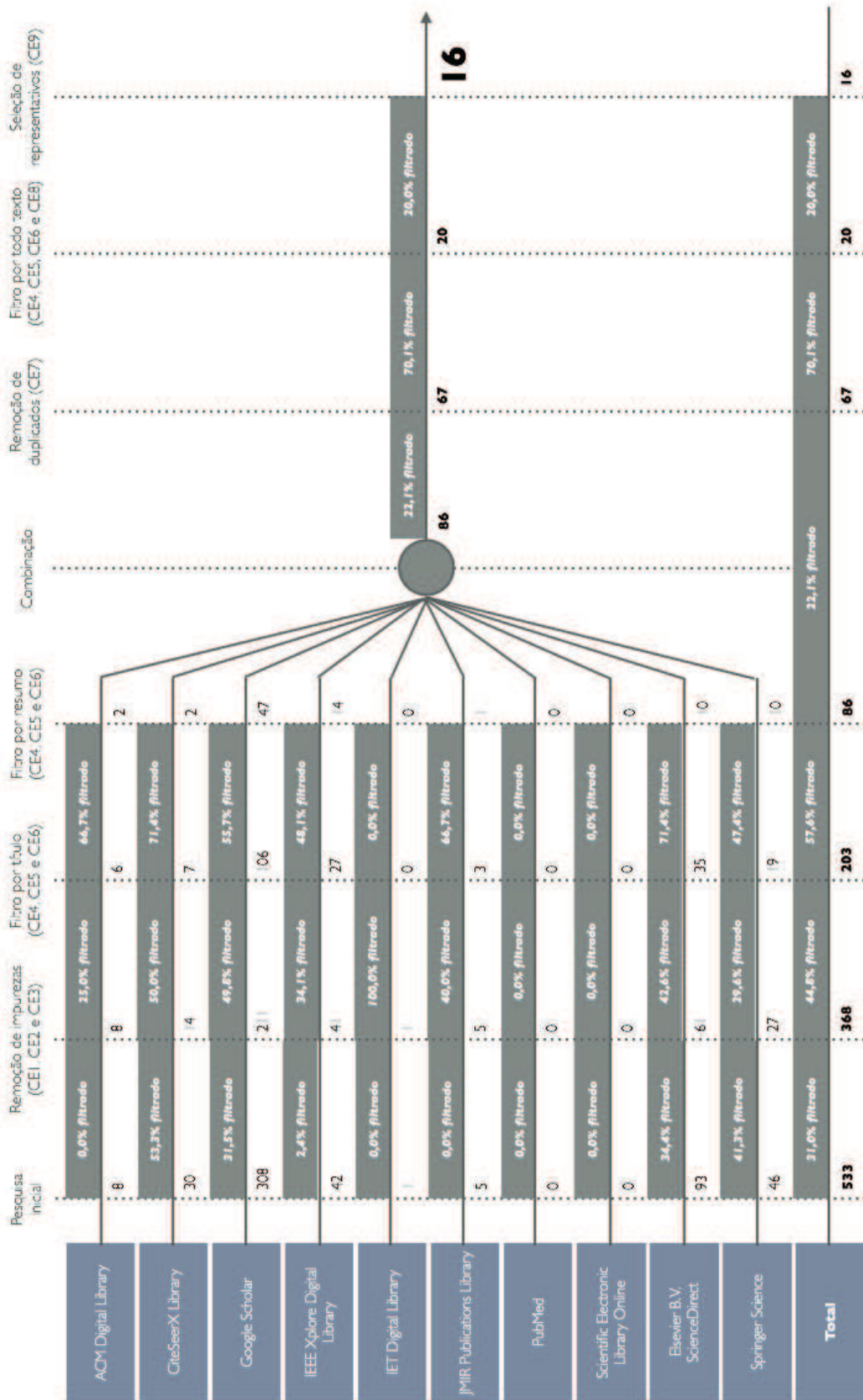
Um dado notável, como podemos observar na Figura 2, foi que não encontramos nenhum resultado na *string* de pesquisa quando executada em uma das maiores e mais conceituadas bases de artigos da área da saúde – PubMed. Tentamos diversas combinações de palavras-chave, mas sempre que colocássemos os termos *Internet of things*, *IoT* ou *wearables* nenhum artigo era encontrado.

### 3.1.3 Resultados obtidos

Através da análise dos 16 artigos representativos selecionados foi possível observar que, preliminarmente, a grande maioria dos artigos contidos nesse escopo está direcionado ao controle e cuidado (no que diz respeito ao monitoramento de pacientes), ou seja, seus sinais vitais e sua localização. Isso, no intuito de gerar um apoio e retaguarda para o processo de triagem.

Ademais, foi possível averiguar que estes estudos não podem ser considerados suficientemente maduros, uma vez que a maioria traz trabalhos teóricos ou avaliados apenas com cenários

Figura 2: Diagrama com a execução da pesquisa.



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Tabela 6:** Artigos selecionados no mapeamento sistemático.

| <b>Referência</b>              | <b>Título</b>                                                                                                                          |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| (CLAUDIO et al., 2014)         | A dynamic multi-attribute utility theory-based decision support system for patient prioritization in the emergency department          |
| (TING et al., 2011)            | Critical Elements and Lessons Learnt from the Implementation of an RFID-enabled Healthcare Management System in a Medical Organization |
| (KUMARAN; NSENGA, 2016)        | Design of a Multi-Priority Triage Chair for Crowded Remote Healthcare Centers in Sub-Saharan Africa                                    |
| (KUO et al., 2015)             | Embracing Big Data for Simulation Modelling of Emergency Department Processes and Activities                                           |
| (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2010) | Experimental Evaluation of IEEE 802.15.4/ZigBee for Multi-patient ECG Monitoring                                                       |
| (SCHMIDT et al., 2016)         | Factors related to monitoring during admission of acute patients                                                                       |
| (AGARWAL et al., 2015)         | FPGA Based Wireless Emergency Medical System for Developing Countries                                                                  |
| (SRAVANI; KUMAR, 2015)         | Human Health Behavior Detection using Bio Sensors and Classification by Wearable Tags in Smart Spaces                                  |
| (COX et al., 2008)             | Investigation of photoplethysmogram morphology for the detection of hypovolemic states                                                 |
| (KO et al., 2010)              | MEDiSN: Medical Emergency Detection in Sensor Networks                                                                                 |
| (SALMAN et al., 2014)          | Multi-Sources Data Fusion Framework for Remote Triage Prioritization in Telehealth                                                     |
| (FLEMING et al., 2008)         | Non-invasive measurement of respiratory rate in children using the photoplethysmogram                                                  |
| (NISWAR et al., 2013)          | Performance evaluation of ZigBee-based wireless sensor network for monitoring patients' pulse status                                   |
| (AYYAGARI et al., 2009)        | Smart Personal Health Manager: A Sensor BAN Application: A Demonstration                                                               |
| (SKOLNIK et al., 2016)         | Teletoxicology: Patient Assessment Using Wearable Audiovisual Streaming Technology                                                     |
| (CHEN; POMPILI, 2011)          | Transmission of patient vital signs using wireless body area networks                                                                  |

Fonte: Elaborada pelo autor.

ou experimentos hipotéticos. Por outro lado, dois dos artigos analisados trazem resultados capazes de serem extrapolados para a realidade, uma vez que se baseiam em relatos de próprias experiências ou lições aprendidas e de avaliações em vida real. Dessa forma, percebe-se que esse tema de pesquisa está evoluindo vagarosamente, visto que o conceito de Internet das coisas teve origem em 1999, com a nova ideia de utilização do RFID, e o conceito de triagem de pacientes é ainda mais antigo (MADAKAM, 2015; ASHTON et al., 2009). Nesse caso, é possível observar que os estudos nessa área estão sendo feitos, entretanto, não são aplicados em um ambiente real, como no departamento de emergência de um hospital.

Além disso, em sua maioria, os artigos apresentam algum sistema ou técnica para apoiar a triagem de pacientes. Isto se mostra interessante, pois constata que as soluções nesse tema de pesquisa não são apenas teóricas. Em todas as soluções propostas, os dispositivos mais presentes encontrados foram o sensor de eletrocardiograma, oxímetro de pulso, oxímetro de dedo, RFID, sensor de umidade do ar e smartphones. Isso não só reafirma o interesse no monitoramento dos pacientes, mas também demonstra o interesse nas condições do ambiente - departamento de emergência; também, se utiliza smartphones como o principal dispositivo para interação direta com os profissionais da área de saúde e pacientes.

### 3.2 Análise comparativa

Uma análise comparativa entre todos os artigos mais representativos foi realizada afim de (1) conhecer os trabalhos relacionados a esse tema de pesquisa; (2) comparar características desejadas entre os modelos estudados; (3) encontrar lacunas relevantes nesses estudos.

A seguir, podemos observar um breve resumo de cada um desses modelos estudados:

- a) **Claudio et al. (2014)** elaboraram um estudo para investigar o potencial de integração da tecnologia e da teoria de utilidade multiatributo (MAUT) para desenvolver um sistema de suporte à decisão dinâmico para a priorização de pacientes nos departamentos de emergência. Aprimoramentos ao modelo MAUT convencional foram feitos para incorporar mudanças nos sinais vitais ao longo do tempo.
- b) **Ting et al. (2011)** conduziram um estudo de caso em uma organização médica para ilustrar o desenvolvimento de e questões críticas que devem ser consideradas levadas em consideração na fase de preparação, implementação e manutenção de um projeto. Todas as experiências e resultados discutidos neste artigo oferecem informações valiosas e úteis para orientar aqueles que gostariam de iniciar sua jornada usando RFID em organizações médicas.
- c) **Kumaran e Nsenga (2016)** apresentaram o projeto de uma cadeira de triagem de prioridade múltipla (MPTC) que deve ser instalada na entrada das salas de espera de pacientes, de modo que cada novo paciente primeiro seja atendido no MPTC para medir seus sinais vitais e registrar seus outros parâmetros de prioridade, como hora de chegada, tempo de viagem ou distância entre o centro de saúde e a sua casa, e assim por diante. O MPTC proposto atualizará em tempo real o planejamento da consulta, a fim de minimizar estatisticamente (1) o número de pacientes críticos não tratados dentro de um tempo de espera pré-definido, (2) o número de pacientes que esperam mais do que um período predefinido e (3) o número de pacientes que vivem relativamente longe, que deve adiar sua consulta para outro dia.
- d) **Kuo et al. (2015)** apresentaram um estudo de caso no desenvolvimento de um modelo de

simulação de um departamento de emergência em Hong Kong, na China, e discutiu os desafios dos dados voltados à esse departamento. Então foi proposto uma infraestrutura para RFID capaz de capturar grandes volumes de dados relacionados a atividades de pacientes no departamento de emergência. Tudo isso para elaborar modelos de simulação mais detalhados e com mais precisão.

- e) **Fernández-López et al. (2010)** desenvolveram um modelo experimental para avaliar o desempenho das redes ZigBee *multi-hop* compostas por vários nós que transportam o tráfego de sensores vestíveis de eletrocardiograma (ECG). Com o modelo desenvolvido, os resultados indicam que as redes estrela podem transmitir 100% do tráfego gerado por um ECG de pelo menos 12 nós. Nas topologias de árvores, o aumento da carga de tráfego de rede reduz o desempenho, mas mesmo essas redes podem transmitir de forma confiável o tráfego de um número considerável de nós do ECG.
- f) **Schmidt et al. (2016)** compreenderam o uso de sistemas de monitoramento de pacientes em instalações de emergência visando ajudar a identificar as razões para falhas ao identificar pacientes com risco nessas instalações. Nesse caso, foram investigados os fatores relacionados à utilização do monitoramento automatizado para pacientes admitidos em uma unidade de tratamento intensivo, introduzindo a carga do monitor em relação ao tempo monitorado e o tempo de permanência.
- g) **Agarwal et al. (2015)** exploraram o uso do sistema médico baseado em FPGA de baixo custo em situações médicas de emergência onde é necessária uma alta velocidade de processamento. O sistema de design incorpora FPGA, componentes de interface de usuário e conectividade sem fio são fornecidos com um módulo extra. Os projetos baseados em FPGA oferecem muita flexibilidade em termos de atualização do sistema e podem ser transformados em FPGAs maiores e mais recentes conforme o mercado exige.
- h) **SRAVANI e KUMAR (2015)** propuseram um ambiente hospitalar inteligente (SHE) baseado em identificação por radiofrequência (RFID) com capacidade de leitura distribuída para melhorar a qualidade do serviço, melhorando os cuidados de saúde, a identificação do paciente, a entrega de mensagens de emergência, a atribuição de trabalhadores de saúde e a resposta de resgate. Neste estudo, um conjunto inteligente baseado em RFID é aplicado para criar um sistema de monitoramento de saúde para monitorar os pacientes em tempo real.
- i) **Cox et al. (2008)** propuseram o uso da morfologia da fotopletismografia (PPG) como um indicador de estados hipovolêmicos e estudaram sua correlação com a pressão arterial. Neste trabalho, os autores compararam a morfologia do PPG com o tempo de trânsito de pulso (PTT), que foi investigado para aplicações clínicas e ambulatoriais. Os indicadores foram testados em dados obtidos de experimentos com pressão negativa do corpo inferior (LBNP) como modelo para simular hemorragia em seres humanos.



- j) **Ko et al. (2010)** desenvolveram o MEDiSN, uma rede de sensores sem fio para monitorar dados fisiológicos dos pacientes em hospitais e eventos de desastre. O MEDiSN é composta por monitores fisiológicos (PMs), que são fabricados de forma customizada, são responsáveis por criptografar e assinar dados fisiológicos e possui pontos de retransmissão (RPs) que se auto organizam em um *backbone* sem fio *multi-hop* para o transporte desses dados fisiológicos. Além disso, o MEDiSN inclui um servidor que armazena persistentemente dados médicos e os apresenta para clientes autenticados.
- k) **Salman et al. (2014)** propuseram uma estrutura multi-fontes para apoiar aplicações avançadas de saúde. A estrutura proposta denominada Multi Sources Healthcare Architecture (MSHA) considera: sensores (ECG, SpO2 e Pressão sanguínea) e entradas baseadas em texto de dispositivos sem fio e vestíveis. O modelo proposto é usado para melhorar a eficiência de escalabilidade de saúde, aumentando os processos de triagem remota e priorização remota para os pacientes. O modelo proposto também é usado para fornecer serviços inteligentes sobre os sistemas de serviços de atendimento ambulatorial através do método de fusão de dados e técnica de priorização.
- l) **Fleming et al. (2008)** afirmam que taxa respiratória é reconhecida como um preditor valioso da gravidade de doenças em crianças, mas atualmente não é possível medir isso automaticamente em um ambiente de triagem. Os autores propuseram uma modelagem auto regressiva dos dados do fotopletograma gerados por um oxímetro de pulso, pois defendem que ele possui potencial para introduzir medição de respiração automatizada na triagem pediátrica.
- m) **Niswar et al. (2013)** desenvolveram uma triagem eletrônica que funciona como um sensor equipado ao braço do paciente. Esse sensor é utilizado para detectar o pulso do paciente. Operando como uma triagem eletrônica, a taxa de pulso do sensor é classificada em três categorias de condições severas, isto é, maior, menor e normal pelo equipamento desenvolvido. Esse sistema pode ser implantado em um departamento de emergência, sala de triagem, sala pré/pós-operatória do hospital e em áreas de desastres.
- n) **Ayyagari et al. (2009)** propuseram o Smart Personal Health Manager. Ele é um sistema projetado para monitorar sinais vitais fisiológicos e ambientes pessoais, ao mesmo tempo em que fornece análises em tempo real especializadas em doenças e fornece notificações ao usuário comum por meio de um dispositivo pessoal, como PDA ou telefone celular.
- o) **Skolnik et al. (2016)** efetuaram um estudo em pacientes internados em um serviço de toxicologia. Com o modelo desenvolvido pelos autores foi possível medir a aceitabilidade e confiabilidade da tecnologia de transmissão que utilizava o Google Glass® para enviar informações à um centro de diagnóstico remoto.
- p) **(chen2011transmission)** relatam que atualmente, os hospitais estão equipados diversos

dispositivos médicos eletrônicos. Isso resulta em um alto nível de interferência eletromagnética que pode levar à falha de dispositivos de monitoramento médico. Além disso, um paciente geralmente é movido entre diferentes configurações hospitalares durante a triagem. O trabalho propõe uma nova solução para priorizar a transmissão de sinais vitais do paciente usando redes sem fio da área do corpo; a solução depende de uma estratégia de agendamento de prioridade distribuída com base na condição atual do paciente e no requisito de atraso/confiabilidade do sinal vital.

A Tabela 7 traz, ordenada pelo título do artigo, um comparativo entre os trabalhos relacionados para facilitar a compreensão das características de cada um. As características analisadas foram se o modelo oferece suporte a Internet das coisas (coluna IoT); apoia no processo de triagem de pacientes (coluna Triagem); oferece o monitoramento dos sinais vitais e do estado de saúde dos pacientes (coluna Monitoramento); mencionou explicitamente que é um sistema de apoio à decisão (coluna Apoio à decisão); é um modelo que apoia a gestão de saúde (coluna Gestão de saúde); ou possui um sistema de alerta precoce de deterioração de sinais vitais (coluna Alerta precoce).

**Tabela 7:** Comparativo entre os trabalhos relacionados.

| Referência                     | IoT | Triagem | Monitoramento | Apoio à decisão | Gestão de saúde | Alerta precoce |
|--------------------------------|-----|---------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| (CLAUDIO et al., 2014)         | Sim | Sim     | Sim           | Sim             | Não             | Não            |
| (TING et al., 2011)            | Sim | Não     | Sim           | Sim             | Não             | Não            |
| (KUMARAN; NSENGA, 2016)        | Sim | Sim     | Não           | Não             | Sim             | Não            |
| (KURO et al., 2015)            | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2010) | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (SCHMIDT et al., 2016)         | Sim | Não     | Não           | Sim             | Não             | Não            |
| (AGARWAL et al., 2015)         | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (SRAVANI; KUMAR, 2015)         | Sim | Sim     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (COX et al., 2008)             | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (KO et al., 2010)              | Sim | Sim     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (SALMAN et al., 2014)          | Sim | Sim     | Não           | Sim             | Não             | Não            |
| (FLEMING et al., 2008)         | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (NISWAR et al., 2013)          | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (AYYAGARI et al., 2009)        | Sim | Não     | Sim           | Não             | Sim             | Não            |
| (SKOLNIK et al., 2016)         | Sim | Sim     | Não           | Sim             | Não             | Não            |
| (CHEN; POMPILI, 2011)          | Sim | Não     | Sim           | Não             | Não             | Não            |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Com isso, foi possível encontrar na literatura modelos que se propõem a monitorar os sinais vitais de pacientes no departamento de emergência (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2010; KO et al., 2010; FLEMING et al., 2008; NISWAR et al., 2013; AYYAGARI et al., 2009), com o mesmo propósito do modelo desenvolvido nesse trabalho. Esses modelos pesquisados utilizam a Internet das Coisas para efetuar o monitoramento de pacientes através de sensores que aferem os sinais vitais diretamente nos pacientes. Também foi possível encontrar outros mo-



delos que utilizam esses mesmos sensores de sinais vitais para efetuar a triagem de pacientes (KUMARAN; NSENGA, 2016; SKOLNIK et al., 2016).

Por outro lado, alguns modelos vão mais além, provendo um sistema de suporte à decisão (para ser utilizado pelos profissionais da área de saúde), ou seja, quando o sistema fornece algumas informações que apoiam o profissional da área de saúde a decidir qual conduta deve ser tomada frente a determinada circunstância, por exemplo; Ou modelos que ajudam em todo o fluxo do departamento de emergência de uma maneira geral, controlando, por exemplo, a fila dos pacientes, a medicação que pode ser prescrita de acordo com alguma alergia apresentada pelo mesmo, além do fluxo dos recursos disponíveis do hospital no momento do atendimento (profissionais, salas para atendimento, entre outros) (CLAUDIO et al., 2014; AGARWAL et al., 2015).

### **3.3 Lacunas de pesquisa**

Foi possível observar, a partir da análise da Tabela 7, que todos os modelos apropriam-se do conceito de Internet das coisas; Alguns para utilizá-lo no processo de triagem de pacientes, outros para o apoio à decisão ou para sistemas de gestão de saúde. Nem todos os modelos utilizam Internet das coisas para o monitoramento de pacientes. Alguns, no entanto, a utilizam para o monitoramento de recursos de hospitais. Um ponto importante a se observar é que, mesmo preocupando-se com o monitoramento de pacientes em uma situação de emergência, nenhum dos modelos propostos oferece suporte a um sistema de alerta precoce.

Além disso, um dos principais desafios dessa área é colocar em prática os estudos teóricos e experimentais para serem avaliados em vida real, com o intuito de ajudar a melhorar as soluções propostas (SRAVANI; KUMAR, 2015; AGARWAL et al., 2015; COX et al., 2008). Podemos observar nitidamente nos artigos relacionados que poucos fazem algum experimento em vida real nesse tema de pesquisa. O balanço entre a adição de mais fontes de monitoramento e o aumento da complexidade do sistema ainda é uma questão de pesquisa ainda aberta. Ou seja, segundo Salman et al. (2014) ainda não foi possível chegar em uma equação que a complexidade do sistema não aumente com a inserção de novos dispositivos para monitoramento dos pacientes e recursos. O desenvolvimento de padrões internacionais para aplicações que utilizam objetos da Internet das coisas em conjunto com a tecnologia médica (TING et al., 2011) é outro desafio que precisa ser trabalhado. Algo que está sempre presente na maioria das áreas de pesquisa, e também na medicina, é o limite de recursos financeiros, falta de informações disponíveis, falta de treinamento pessoal e as questões de segurança, pois se deve proteger a solução contra a perda de dados de informações sensíveis de pacientes (TING et al., 2011). Sendo assim, entender como gerar soluções que trazem benefícios satisfatórios mesmo com essas dificuldades é de suma importância.

Em relação à sistemas de apoio a decisão voltados à triagem de pacientes na emergência de hospitais, durante sua utilização, lições são aprendidas com a experiência dos usuários e esses

sistemas ficam ultrapassados. Uma tendência futura é construir sistemas de apoio à decisão que sejam mais dinâmicos e que se ajustem conforme experiências recentes dos enfermeiros (CLAUDIO et al., 2014). Ainda sobre esses sistemas, outro rumo nesse tema é analisar as queixas de histórico médico passadas, ou seja, utilizar os contextos históricos de pacientes para prever avaliações futuras (CLAUDIO et al., 2014).

Em sistemas de rastreamento e monitoramento de pacientes e recursos podem ser desenvolvidos experimentos mais complexos que analisem a interferência dos dispositivos IoT com os dispositivos médicos já utilizados em um ambiente hospitalar (TING et al., 2011; FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2010). Também é uma questão aberta analisar o resultado da radiação emitida pelo rádio desses dispositivos em contato com os seres humanos (SRAVANI; KUMAR, 2015). Além disso, os dispositivos IoT possuem uma autonomia muito reduzida, pois seu tamanho é limitado, portanto diminuir o consumo de energia e otimizar a utilização de rede é uma tendência futura (KO et al., 2010). Por fim, utilizar técnicas de inteligência artificial e mineração de dados para aumentar a elegibilidade das informações coletadas diretamente de pacientes e recursos (TING et al., 2011), com o intuito de, por exemplo, avaliar a relação entre a carga de monitoramento do paciente e outros aspectos, como a ativação dos times de emergência ou a taxa de mortalidade de pacientes (SCHMIDT et al., 2016) é outro desafio futuro.



## 4 MODELO PROPOSTO

Esse capítulo tem como objetivo apresentar o modelo proposto, que se trata de um sistema computacional para apoio aos profissionais da área da saúde e aos pacientes no processo de triagem e alerta precoce no departamento de emergência de hospitais. Esse modelo apropria-se dos conceitos de cuidados de saúde ubíquos voltados aos os protocolos de triagem e de alerta precoce utilizados. Seus principais diferenciais em relação aos outros modelos estudados serão descritos seção a seguir. Esse modelo é denominado de UbiTriagem 2 e é uma extensão de um modelo desenvolvido anteriormente (WUNSCH; COSTA; ROSA RIGHI, 2017a; WUNSCH; COSTA; RIGHI, 2017; WUNSCH; COSTA; ROSA RIGHI, 2017b).

Para representar a arquitetura do sistema foram utilizados diagramas de componentes elaborados em uma linguagem denominada *Technical Architecture Modeling* (TAM), que trata-se de diagramas baseados na UML (STANDARDIZED TECHNICAL ARCHITECTURE MODELING, 2007). Já para o desenvolvimento do modelo de dados da representação do conhecimento foi utilizada a linguagem *Web Ontology Language* (OWL), que é uma linguagem semântica projetada para representar o conhecimento sobre objetos, seus grupos e o relacionamento entre eles (QUAN; HAARSLEV, 2017; MCGUINNESS; VAN HARMELEN et al., 2004).

### 4.1 Decisões de projeto

Todo o desenvolvimento do UbiTriagem 2 foi focado em decisões de projeto que estão relacionadas diretamente ao comportamento dos usuários envolvidos e aos requisitos funcionais e não-funcionais do modelo. Essas decisões de projeto podem ser entendidas como premissas onde seus principais objetivos foram guiar o desenvolvimento do modelo para que todos os objetivos relacionados na Seção 1.3 fossem alcançados. Para isso, foram elaboradas as seguintes decisões de projetos:

- a) **Efetuar a triagem de pacientes com base no raciocínio em uma ontologia derivada de um protocolo de triagem:** definir um modelo padrão de ontologia onde é possível inferir a triagem do paciente. Esse modelo poderá ser facilmente adaptado para qualquer protocolo de triagem, como, por exemplo, ATS, CTAS, EIS, MTS e HumanizaSUS, indo de encontro a falta de padrões internacionais como observado;
- b) **Efetuar a análise de risco de pacientes com base no raciocínio em uma ontologia derivada de um protocolo de alerta precoce:** definir um modelo padrão de ontologia onde é possível identificar situações de risco de pacientes. Esse modelo poderá ser facilmente adaptado para qualquer protocolo de alerta precoce, como, por exemplo, MEWS, SEWS, GMEWS, Worthing, ViEWS e NEWS, indo de encontro a falta de padrões internacionais como observado;

- c) **Utilizar o padrão aberto openEHR:** fazer o uso do padrão aberto openEHR, permitindo assim uma integração mais facilitada com outras soluções voltadas a saúde, indo de encontro a falta de padrões internacionais como observado;
- d) **Suportar a alteração dos protocolos de triagem e de alerta precoce de acordo com a necessidade da instituição de saúde:** permitir que possa ser acoplado qualquer protocolo de triagem ou de alerta precoce ao modelo sem que seja necessária efetuar nenhuma alteração estrutural no mesmo, buscando uma melhor abstração do modelo;
- e) **Possibilitar a coleta de dados dos pacientes através de dispositivos móveis:** possibilitar que profissionais da área da saúde efetuem a coleta de dados dos pacientes através de dispositivos móveis, garantindo assim mobilidade ao desempenhar suas tarefas do dia-a-dia;
- f) **Suportar dispositivos IoT para a coleta de sinais vitais:** integrar dispositivos IoT homologados para serem utilizados em instituições de saúde que permitem efetuar a coleta de sinais vitais diretamente dos pacientes, levando em consideração que devemos não podemos interferir nos artefatos já utilizados no ambiente hospitalar. Esses sensores devem ser conectados aos dispositivos móveis dos pacientes;
- g) **Disparar ações a partir de alterações significativas nos sinais vitais:** ações como, por exemplo, a necessidade de efetuar uma nova triagem e um alerta de risco sobre um determinado paciente devem ser disparadas através do monitoramento dos sinais vitais dos pacientes, indo ao encontro da lacuna encontrada em que nenhum modelo preocupasse em alertar precocemente a deterioração dos sinais vitais de pacientes;
- h) **Utilizar uma infraestrutura de sistemas distribuídos:** suportar uma infraestrutura de sistemas distribuídos com intuito de aumentar a escalabilidade a tolerância a falhas da solução, pois como visto na sessão anterior o aumento do monitoramento dos pacientes não deve impactar na estabilidade do sistema.

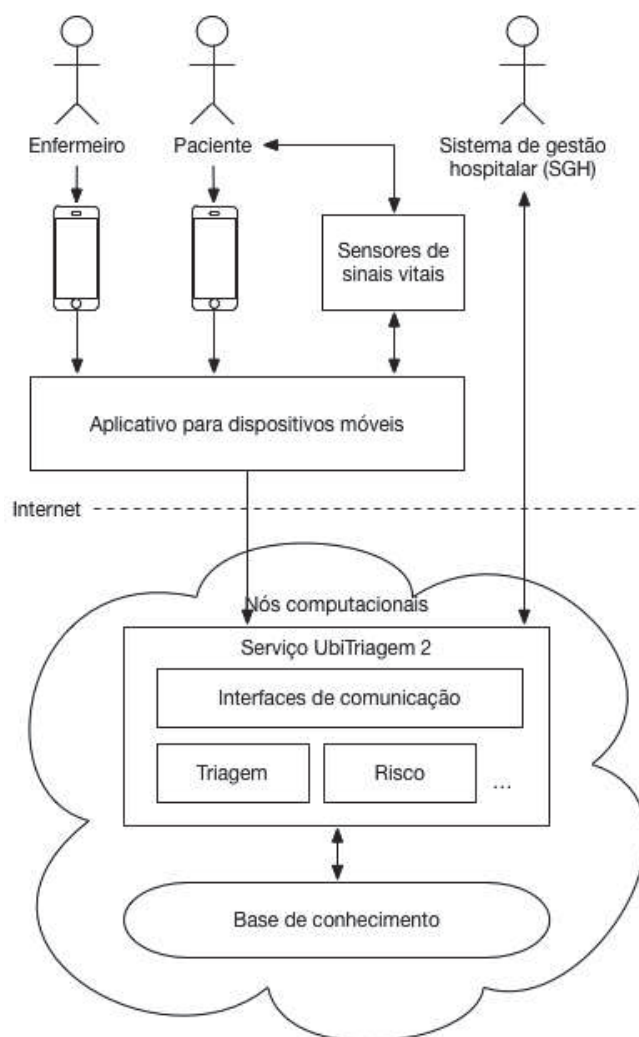
Tendo deliberado sobre as decisões de projeto que guiaram o desenvolvimento do UbiTriagem 2, nas subseções, a seguir, será apresentada uma visão geral do modelo, sua arquitetura completa e, na sua sequência, o detalhamento de cada um de seus componentes e módulos. Com isso, objetivou-se o entendimento completo do modelo que posteriormente será utilizado para a implementação de um protótipo, cuja principal finalidade é avaliar esse modelo apresentado.

## 4.2 Visão geral do modelo

O modelo UbiTriagem 2, como pode ser observado na Figura3, se propõe a monitorar os pacientes, utilizando os sensores e dispositivos vestíveis conectados aos seus dispositivos móveis.

A partir desses sensores, são coletados sinais vitais e outros dados, que, quando analisados, permitem ao enfermeiro não somente acompanhar o estado de saúde dos pacientes, mas também que seja alertado sobre quaisquer alterações significativas com base nos protocolos de triagem e alerta precoce.

**Figura 3:** Visão geral do modelo proposto. Enfermeiros, pacientes e sensores de sinais vitais comunicam-se com o serviço da aplicação, que está localizado em um ambiente de sistemas distribuídos, através de dispositivos móveis.



Fonte: Elaborada pelo autor.

De modo geral, o modelo busca a interação com os pacientes de forma não-intrusiva. Ou seja, o monitoramento pode ser percebido, entretanto não deve gerar qualquer desconforto ao mesmo. Essas informações coletadas são modularizadas e enviadas ao serviço do UbiTriagem 2 para que sejam interpretadas com base em uma técnica de raciocínio realizada nos protocolos disponíveis em forma de uma ontologia.

Esse serviço está disponível em uma coleção de nós computacionais independentes (sistema distribuído) e possui interfaces padrão para integrar os clientes (dispositivos móveis) e demais atores do sistema, como, por exemplo, o *Sistema de Gestão Hospitalar (SGH)* da instituição

de saúde. Sendo assim, deve proporcionar maior escalabilidade e tolerância a falhas a solução, pois como visto em uma lacuna encontrada o aumento do monitoramento dos pacientes não deve impactar na estabilidade do sistema.

O fluxo idealizado para a utilização do modelo tem seu início logo após o primeiro atendimento do paciente, após ser gerado seu boletim de atendimento. Dessa forma, as informações do boletim são coletadas através de uma interface de integração com o SGH e, a partir desse momento, toda a gestão desse paciente passa a ser feita pelo modelo. Sendo assim, o paciente é posicionado ao final da fila de espera por ordem de chegada. Ao chegar a sua vez, o enfermeiro chama o paciente e, através de um dispositivo móvel efetua a triagem. Sensores de sinais vitais são equipados ao paciente e o mesmo é encaminhado para a fila de espera já priorizado. Essa monitorização do paciente é feita de forma contínua e alertas sobre o seu estado clínico podem ser enviados ao enfermeiro a qualquer momento. Esse fluxo se encerra quando o paciente é chamado pelo médico.

Toda a interação com o modelo deve ser efetuada a partir dos dispositivos móveis dos pacientes e dos enfermeiros. Além disso, no caso dos pacientes, seus dispositivos móveis também serão utilizados como ponte para agregar todos os sinais vitais aferidos a partir dos sensores vestíveis e retransmiti-los ao serviço da solução. Por outro lado, através dos dispositivos dos enfermeiros, toda a gestão da fila de atendimento do departamento de emergência pode ser efetuada, a qualquer lugar e a qualquer momento. Essa interação entre todos os atores formaram a visão geral solução, que contribuiu para o desenvolvimento da arquitetura do modelo (descrita na próxima seção).

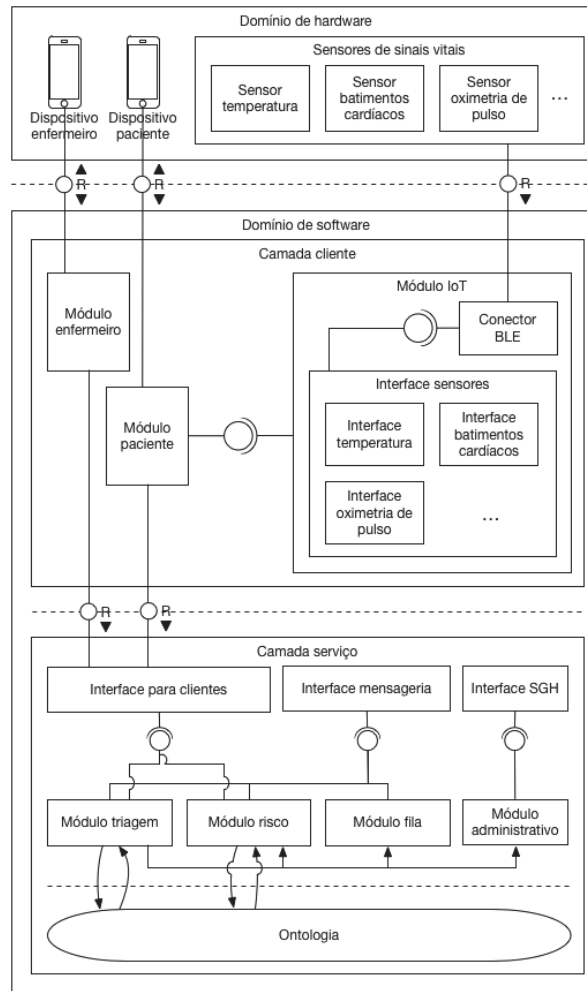
### 4.3 Arquitetura do modelo

A arquitetura do modelo UbiTriagem 2 foi baseada em uma arquitetura de sistemas distribuídos, denominada *Service-oriented architecture* (SOA), cujo princípio fundamental é a implementação de suas funcionalidades disponibilizadas na forma de serviços (ERL; MERSON; STOFFERS, 2017). Nesse serviço, pode ser utilizado um padrão de projeto para o desenvolvimento da interface de comunicação com as aplicações distribuídas, por exemplo, REST, SOAP, etc. Essa interface é responsável por receber e gerenciar todas as requisições dos clientes móveis através de um protocolo padrão de forma simples, eficaz e segura. Os clientes do modelo são aplicativos distribuídos em dispositivos móveis. Esses aplicativos não devem concentrar qualquer tipo de regra de negócio, pois são responsáveis apenas por fazer a interface com o usuário do UbiTriagem 2. Todo o processamento e armazenamento dos dados da solução são de única responsabilidade do serviço do modelo.

Como observado na Figura 4, quanto à sua organização entre seus componentes, o modelo do UbiTriagem 2 está dividido em três camadas. A camada Cliente é responsável pela interação com os usuários da solução. A camada Serviço, disponibiliza uma interface REST para acesso a todos clientes distribuídos em dispositivos móveis. Os componentes que compõem essas

camadas serão detalhados nas próximas subseções. Por outro lado, a camada Modelo de dados traz a ontologia que é utilizada pelo modelo proposto.

**Figura 4:** Arquitetura do modelo proposto.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 4.3.1 Camada cliente

A camada mais próxima dos usuários do modelo, Cliente, deve ser distribuída em aplicativos (desenvolvidos preferencialmente, mas não estritamente, em linguagem nativa) para dispositivos móveis. Como pode ser observado na Figura 4, essa camada está dividida em três componentes. Paciente, Enfermeiro, e um terceiro componente, denominado IoT (que fornece funcionalidades ao componente Paciente).

O componente de Paciente deve ser de uso exclusivo para os pacientes que estão aguardando seu atendimento no departamento de emergência dos hospitais. Seu principal objetivo é humanizar esse atendimento, deixando-o sempre informado sobre andamento da fila de espera. Além disso, notificações devem ser enviadas aos pacientes, informando a proximidade de seu



atendimento (de modo que não seja necessário que o aplicativo esteja sempre aberto). Mensagens e vídeos informativos sobre o protocolo de triagem podem ser reproduzidos. Sendo assim, podemos evitar o desconforto de alguns pacientes ao observarem outro paciente (de maior prioridade) chegando mais tarde e sendo atendido mais cedo.

Por outro lado, o componente Enfermeiro deve ser de uso exclusivo para os profissionais que trabalham no departamento de emergência do hospital. O principal objetivo desse componente é coordenar todo o processo de atendimento desde a entrada do paciente até que ele seja atendido de fato. Sendo assim, sempre que um novo paciente chegar na fila de atendimento, um paciente tiver alguma degradação em seus sinais vitais que represente um estado de alerta ou ocorrer uma alteração na prioridade de triagem do paciente, uma notificação deve ser apresentada ao enfermeiro através desse componente.

Toda a coleta de dados efetuada pelo enfermeiro durante o acolhimento do paciente deve ser executada através do componente Enfermeiro. Além disso, outra responsabilidade desse componente é apresentar o tempo de fila de cada paciente. Sendo assim, é possível evidenciar se os tempos previstos pelo protocolo de triagem estão sendo cumpridos. Ele deve fornecer uma forma de interação onde, caso não seja possível aferir os sinais vitais a partir de sensores vestíveis, o enfermeiro poderá informar manualmente esses dados.

Por fim, o último componente da camada Cliente, denominado IoT, tem como objetivo fazer interface com todos os sensores e dispositivos inteligentes para monitoramento de sinais vitais dos pacientes. Essa comunicação pode ser feita através do protocolo *Bluetooth*. Sua organização interna é baseada em um padrão de projeto conhecido por *Strategy*, sendo assim, podemos permitir a criação de novas interfaces com novos dispositivos de monitoramento de sinais vitais sem alterar as demais que já estão operantes no sistema.

Esse componente, IoT, deve estar localizado fisicamente dentro do aplicativo que está sendo executado no dispositivo do paciente. Ele deve fazer o papel de ponte, ou seja, todas as informações recebidas dos sensores conectados a um paciente devem ser modularizadas e transmitidas para o serviço da solução. Nesse caso, é feito um pré-processamento desses dados, visando padronizar as unidades de medidas, descartar informações irrelevantes e compactar e acumular os dados para que sejam transmitidos dentro de um único fluxo de transmissão (junto com as demais aferições efetuadas nos outros dispositivos inteligentes em um determinado período de tempo). Caso o serviço esteja indisponível, esses dados devem ser armazenados temporariamente no dispositivo móvel e retransmitidos quando disponível.

Os dados coletados através de sensores e dispositivos inteligentes devem ter o foco nos principais sinais vitais utilizados para o monitoramento de pacientes no departamento de emergência: temperatura corporal, frequência cardíaca, pressão sanguínea, taxa de respiração, saturação de oxigênio, dor, nível de consciência e produção de urina (ELLIOTT; COVENTRY, 2012). Alguns são mais simples de obter e podemos encontrar em diversos dispositivos já comercializados. Outros são um pouco subjetivos, como dor e nível de consciência. Entretanto, existem estudos que já desenvolveram formas de obter esses sinais vitais através da interação do usuário

com seu dispositivo móvel (OKSALA; VEKAOJA, 2017). A frequência dessa coleta deve ser definida pelo protocolo de deterioração de sinais vitais que, geralmente, utiliza um tempo pré-determinado para que seja efetuada. Alguns ainda diminuem essa frequência para pacientes mais graves (DAY; OLDROYD, 2010). Por fim, caso detectado algum problema como, por exemplo, a falta de bateria em algum dos sensores, um aviso pode ser enviado ao enfermeiro responsável.

Dessa forma, esse trabalho se limitou a utilizar os dispositivos IoT somente como fonte de dados. Ou seja, não tratamos questões de segurança e privacidade no seu uso. Tampouco aspectos de conectividade ou hardware, como, por exemplo, como esses sensores estariam interconectados e a interferência desses dispositivos com os demais equipamentos hospitalares. Também não efetuamos nenhum levantamento a respeito de custos dos sensores para aferir os sinais vitais. Além disso, os dispositivos utilizados devem estar homologados pela Anvisa<sup>1</sup> e sua utilização deve respeitar as normas de biosegurança definidas pela Secretaria da Saúde e empregadas na instituição de saúde.

#### 4.3.2 Camada serviço

Todas as informações coletadas na camada Cliente são recebidas pela camada Serviço. Nessa camada estão organizadas hierarquicamente todas as regras de negócio do UbiTriagem 2. Seu principal objetivo é receber e prover informações, de forma escalável e tolerante a falhas, a todos os clientes da solução. Como podemos observar na Figura 4, sua divisão está organizada em componentes agrupados por funcionalidades similares. Além disso, ela possui interfaces para a integração com sistemas legados de gestão hospitalar e com todos os clientes, distribuídos em dispositivos móveis. Essa subseção é destinada ao detalhamento de cada um de seus componentes.

O componente de Interface de clientes tem como principal objetivo ser uma interface padrão para que todos os clientes do UbiTriagem 2 façam uso e atualizem as informações pertinentes a todo o processo de triagem e alerta precoce durante o acolhimento de um paciente no departamento de emergência de um hospital. Sugere-se que seja utilizado um padrão de desenvolvimento de serviços web, como, por exemplo, REST ou SOAP trafegando sobre um protocolo de comunicação seguro como HTTPS. Esse componente deve ser acessado de forma simples e eficaz. As interfaces que esse componente disponibiliza são a de Paciente, Enfermeiro, Configuração, Atendimento, Fila, Triagem e Risco. Cada uma dessas interfaces deve ser capaz de interagir diretamente com as entidades administrativas de todo o sistema (componente Administrativo), o subsistema responsável pela triagem de um paciente (componente Triagem), o subsistema responsável pelo monitoramento da deterioração dos sinais vitais do paciente (componente Risco) e pela fila de espera para o atendimento (componente Fila).

Outro componente proposto para o modelo e que pode ser considerado crucial para o fun-

---

<sup>1</sup>Disponível em <http://portal.anvisa.gov.br/>

cionamento do UbiTriagem 2 é o de Interface SGH. Ele é responsável por garantir a integração completa com o sistema de gestão hospitalar utilizado pela entidade de saúde. Nesse caso, foi idealizado uma interface padrão que é capaz de receber informações necessárias provenientes de sistemas legados de gestão hospitalar e fornecer dados relacionados ao processo de triagem e do sistema de alerta precoce. Essa interface deve possibilitar a integração do modelo proposto a todo o fluxo do hospital de forma transparente, sem que seja necessária qualquer alteração em qualquer outro componente do UbiTriagem 2 para que essa integração seja efetuada. No entanto, se limitamos a não elaborar o conector entre a interface do modelo proposto e a do sistema de gestão hospitalar. Sendo assim, uma possibilidade de trabalho futuro é elaborar um conector que seja capaz de integrar-se a qualquer sistema legado para obtenção dos dados voltados ao atendimento do paciente.

Visando um mecanismo de comunicação indireta com os clientes do modelo, foi elaborada a Interface de mensageria. Ela deve se comunicar com os serviços de envios de notificações, quando disponível para a plataforma de dispositivos móveis, ou atuar como mensageira - através de um serviço próprio para comunicação indireta conhecido por publicar-assinar (do inglês *publish/subscribe*) - para o envio de mensagens aos pacientes e enfermeiros. Esse componente é responsável apenas pela entrega das notificações geradas pelos componentes Triagem, Risco e Fila.

Também servindo funcionalidades importantes aos demais componentes do modelo, todas as informações administrativas que são transitadas pelos componentes mencionados anteriormente são de responsabilidade do componente Administrativo. Esse componente está acoplado aos demais componentes do UbiTriagem 2, uma vez que seu objetivo é gerenciar as principais entidades do sistema (Paciente, Enfermeiro, Configuração e Atendimento). Ele é subdividido internamente em três camadas (Controle, Modelo e Persistência), e pode, por exemplo, seguir o padrão de projetos conhecido por Mapeamento objeto-relacionado (do inglês *Object-relational mapping* ou ORM).

O componente Triagem, no entanto, é responsável pelo gerenciamento completo de todas as triagens do sistema. Ao dar entrada no UbiTriagem 2, todo o paciente está diretamente vinculado a um Atendimento. Esse, por sua vez, está relacionado a 1 ou N Triagem. Sendo assim, todo o paciente deve possuir pelo menos uma (mas não somente uma) triagem. Esse componente também está subdividido internamente em três camadas, que são a de Controle, Modelo e Persistência.

Além disso, a camada de Controle do componente Triagem também possui uma outra funcionalidade muito importante para o UbiTriagem 2. Trata-se do processo de determinação da triagem. Ou seja, através de uma ontologia, descrita na Subseção 4.3.3, e de uma técnica de raciocínio, é possível determinar, de forma automática, a triagem para um paciente com base nas informações coletadas diretamente dele. Essa triagem deve definir o posicionamento do paciente na fila de atendimento. Eventualmente, quando determinado pelo protocolo ou quando detectado (através da análise dos sinais vitais do paciente) esse processo pode ser efetuado

novamente pelo enfermeiro. Ou seja, a retriagem pode ser efetuada sempre que necessário.

O componente Risco, por outro lado, deve receber os dados coletados (através dos sensores vestíveis) diretamente dos pacientes e enviados através de seus dispositivos móveis. Essas informações devem alimentar a ontologia do modelo, descrita na Subseção 4.3.3, e, através de uma técnica de raciocínio, é capaz de inferir possíveis riscos com a deterioração do sinal vital dos pacientes. Essa deterioração é determinada pelo protocolo de alerta precoce utilizado pela instituição de saúde.

Esses sinais vitais são alimentados na ontologia, onde consta os protocolos utilizados pelo departamento de emergência. Caso seja possível inferir qualquer situação de risco alto, através do protocolo de deterioração de sinais vitais, ou qualquer alteração na triagem inicial do paciente, um alerta é disparado ao enfermeiro responsável pelo atendimento para que o mesmo tome a devida conduta.

Por fim, o componente responsável por gerenciar as filas de espera do UbiTriagem 2, é denominado Fila. Ele possui uma fila de espera não classificada, ou seja, todo paciente ao dar entrada no departamento de emergência é posicionado imediatamente ao final dessa fila. Após receber o acolhimento e ter a sua triagem efetuada, esse paciente deve ser posicionado em uma fila de espera classificada. O único componente que pode fazer alterações nessa fila classificada é o Triagem, ou seja, para ganhar mais ou menos prioridade no atendimento, o paciente deve obrigatoriamente efetuar uma retriagem. Esse componente gerencia o tempo de espera em cada atendimento. Nesse caso, sempre que o tempo estiver chegando ao final, de acordo com o protocolo de triagem, uma notificação deve ser enviada ao enfermeiro responsável pela triagem do paciente.

### 4.3.3 Modelo de dados

Os dados acessados pelo UbiTriagem 2 são armazenados em uma ontologia, ou seja, além de armazenar a base de conhecimento relacionada aos protocolos de triagem e de deterioração clínica dos pacientes, ela também armazena todas as informações pertinentes ao atendimento do paciente. Essa base de conhecimento deve ser definida previamente, com base nesses protocolos e sugere-se sua utilização estritamente para definir os escores de triagem e de gravidade dos pacientes. Essas definições devem ser efetuadas a partir de uma técnica de raciocínio nessa base.

O modelo proposto faz uso também de uma ontologia para armazenar e organizar o conhecimento referente aos protocolos de triagem e de deterioração de sinais vitais utilizados no departamento de emergência do hospital. Essa ontologia é um dos principais elementos do Ubi-Triagem 2 e compõe o modelo de maneira a ser acoplável, podendo ser alterado e personalizado com base nos protocolos desejados.

Para guiar o desenvolvimento de uma ontologia, específica para um determinado departamento de emergência, foi elaborado um modelo, conforme observado na Figura 5. Existem três





um determinado paciente possuir uma determinada apresentação e um determinado sinal vital, podemos definir seu discriminador. Após definidos todos os discriminadores voltados a triagem do paciente, pode-se inferir sua prioridade de atendimento.

Por outro lado, um Atendimento está relacionado a múltiplos SinalVital, que por sua vez é associado a uma Pontuacao através de uma propriedade de afirmação. Regras são utilizadas para associar indivíduos da classe Risco (*RiscoA*, *RiscoB*, *RiscoC*, ..., *RiscoN*) com a classe Atendimento com base na Pontuacao (*Pontuacao0*, *Pontuacao1*, *Pontuacao2*, ..., *PontuacaoN*) obtida através dos SinalVital. A Tabela 8 mostra como são derivadas as regras de alerta a partir da combinação de todas as possíveis pontuações entre cada sinal vital e qual o seu resultado de risco obtido. O exemplo da Tabela 8 foi montado em cima do protocolo NEWS (WILLIAMS et al., 2012), mas pode ser utilizado como base para qualquer outro protocolo de deterioração clínica. No exemplo, o protocolo define que é recomendado acionar uma equipe de resposta rápida quando qualquer sinal vital possuir uma pontuação igual a 3 (em uma escala de 0 a 3) ou quando a soma das pontuações de todos os sinais vitais for igual ou superior a 5 (WILLIAMS et al., 2012). Nesse caso, como podemos observar, a combinação das classes de Pontuacao associadas aos sinais vitais do paciente irá gerar um resultado, que diz respeito ao risco de deterioração do paciente, podendo, por exemplo, gerar um risco de alerta (quando um enfermeiro deve ser notificado) ou sem risco.

**Tabela 8:** Regras derivadas para as combinações que geram um resultado do risco.

| <b>Regra</b> | <b>Combinação</b>                                                                              | <b>Resultado</b> |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| #1           | Pontuacao3 e (quaisquer outras PontuacaoN)                                                     | RiscoAlerta      |
| #2           | Pontuacao2 e Pontuacao2 e Pontuacao2 e (quaisquer outras PontuacaoN)                           | RiscoAlerta      |
| #3           | Pontuacao2 e Pontuacao2 e Pontuacao1 e (quaisquer outras PontuacaoN)                           | RiscoAlerta      |
| #4           | Pontuacao2 e Pontuacao1 e Pontuacao1 e Pontuacao1 e (quaisquer outras PontuacaoN)              | RiscoAlerta      |
| #5           | Pontuacao1 e Pontuacao1 e Pontuacao1 e Pontuacao1 e Pontuacao1 e (quaisquer outras PontuacaoN) | RiscoAlerta      |
| #6           | Negação das demais regras                                                                      | SemRisco         |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Visando uma maior integração com outros sistemas de saúde, o modelo prevê integração com o openEHR. Nesse caso, como podemos observar na Figura 5, arquétipos são herdados pelas classes dentro da ontologia do modelo. Para isto foram selecionados os seguintes arquétipos: *Patient* – dados cadastrais de pacientes –, *Triage evaluation* - informações sobre a triagem do paciente -, *Health risk assessment* - avaliação de risco do paciente -, *Vital signs* - sinais vitais do paciente -, *Body temperature* – temperatura corporal –, *Pulse/heart beat* – frequência cardíaca -, *Blood Pressure* - pressão sanguínea -, *Respirations* - taxa de respiração - e *Indirect oximetry* - oximetria. Alguns arquétipos necessários para armazenar os sinais vitais não foram encontrados. Nesse caso, foram elaborados e podem, posteriormente, ser submetidos ao openEHR. São eles: Dor, Nível de consciência e Produção de urina.

Esse modelo se limitou a utilizar a ontologia apenas para aferir a prioridade no atendimento e a gravidade do paciente. Sabemos que outras informações relevantes podem ser obtidas através

do modelo de ontologia criado. Entretanto, julgamos que essa é uma lacuna que pode ser explorada posteriormente.

## 5 IMPLEMENTAÇÃO E AVALIAÇÃO

Esse capítulo apresenta a metodologia aplicada para avaliar o modelo UbiTriagem 2 e seus resultados. Inicialmente é apresentada uma visão geral da metodologia aplicada na avaliação desse modelo. Após são descritos os aspectos de implementação do protótipo desenvolvido com os componentes necessários para que seja possível executar os métodos de avaliação propostos. Imediatamente são detalhados todos os métodos empregados no processo de avaliação respeitando a seguinte organização: cenários, triagem, sistema de alerta precoce e grupo focal. Tendo em vista que as avaliações foram efetuadas dados secundários e não houve a interação com pacientes ou enfermeiros em um ambiente hospitalar, não foi necessária sua submissão ao comitê de ética.

### 5.1 Metodologia de avaliação

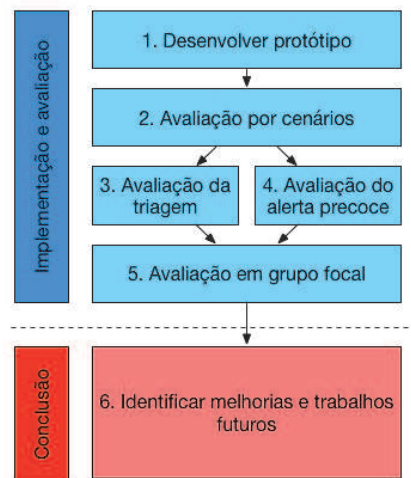
A avaliação desse trabalho foi concebida em diferentes etapas. A Figura 6 traz uma ilustração dessas etapas efetuadas. O primeiro passo foi a implementação de um protótipo do modelo que foi utilizado nas próximas etapas da avaliação. Em seguida, foi efetuada uma avaliação teórica em cima de cenários elaborados que descrevem situações fictícias de pacientes que chegaram ao departamento de emergência de um hospital. Na próxima etapa foi avaliado o componente de triagem fazendo o uso de cenários que já possuíam uma classificação de triagem a fim de comparar com a determinada pelo modelo. Esse mesmo comparativo foi efetuado com outro componente: o de risco. Entretanto, nessa avaliação foram utilizados dados de chamadas ao time de resposta rápida de um hospital de Porto Alegre e dados de chamadas ao SAMU. Sendo assim, foi possível avaliar o sistema de alerta precoce comparando os alertas gerados pelo modelo em com chamadas ao time de resposta rápida e ao SAMU. Tendo os principais componentes do modelo avaliados, ao final foi efetuada uma avaliação em grupo focal, onde todas as etapas anteriores foram consolidadas e apresentadas a esse grupo com o intuito de efetuar um fechamento qualitativo da metodologia elaborada.

### 5.2 Implementação

Para a avaliação do UbiTriagem 2 foi desenvolvido um protótipo implementando apenas os componentes considerados essenciais para que seja possível executar a avaliação completa em cima do modelo proposto. Sua construção foi efetuada com base no modelo descrito no Capítulo 4 e dividida em quatro etapas de desenvolvimento: elaboração da ontologia, criação do serviço, elaboração do componente para efetuar o raciocínio na ontologia e desenvolvimento do aplicativo para dispositivos móveis.

Para determinar a triagem de pacientes, foi desenvolvida uma ontologia baseada no protocolo MTS, proposto pelos autores Mackway-Jones, Marsden e Windle (2014). Esse protocolo



**Figura 6:** Metodologia de avaliação.

Fonte: Elaborada pelo autor.

foi escolhido pois já está sendo amplamente utilizado não somente nas urgências e emergências brasileiras, mas também no mundo todo. Por outro lado, para determinar o risco dos pacientes, foi implementada nessa mesma ontologia o protocolo NEWS (WILLIAMS et al., 2012). Sua representação de conhecimento foi criada com software Protégé<sup>1</sup>, que fornece um conjunto de ferramentas para a construção de modelos de domínio de conhecimento. Com isso, foi possível elaborar uma base de conhecimento, representada na Figura 7 e baseada na ontologia referência proposta pelo modelo, que pode ser usada para representar aspectos relacionados a triagem de pacientes com alerta precoce no departamento de emergência.

O serviço do UbiTriagem 2, no entanto, foi desenvolvido utilizando a linguagem PHP em conjunto com a *framework* Symfony<sup>2</sup>. A camada de interface do serviço, responsável por disponibilizar os recursos que serão acessados pelos pacientes e profissionais da área de saúde, foi construída utilizando o padrão REST para transferir objetos *JavaScript Object Notation* (JSON) sobre o protocolo HTTPS diretamente aos aplicativos para dispositivos móveis. Já o armazenamento dos dados administrativos do UbiTriagem 2 usou o Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) MySQL. Em conjunto com o MySQL, foi utilizada a *Application Programming Interface* (API) de mapeamento objeto relacional para PHP denominada Doctrine<sup>3</sup>, que é distribuída junto com a *framework* Symfony. Foi utilizado um banco de dados relacional para a persistência dos dados administrativos, pois, para a avaliação não julgamos ser necessário implementar qualquer integração com um sistema de gestão hospitalar, conforme previsto pelo modelo proposto.

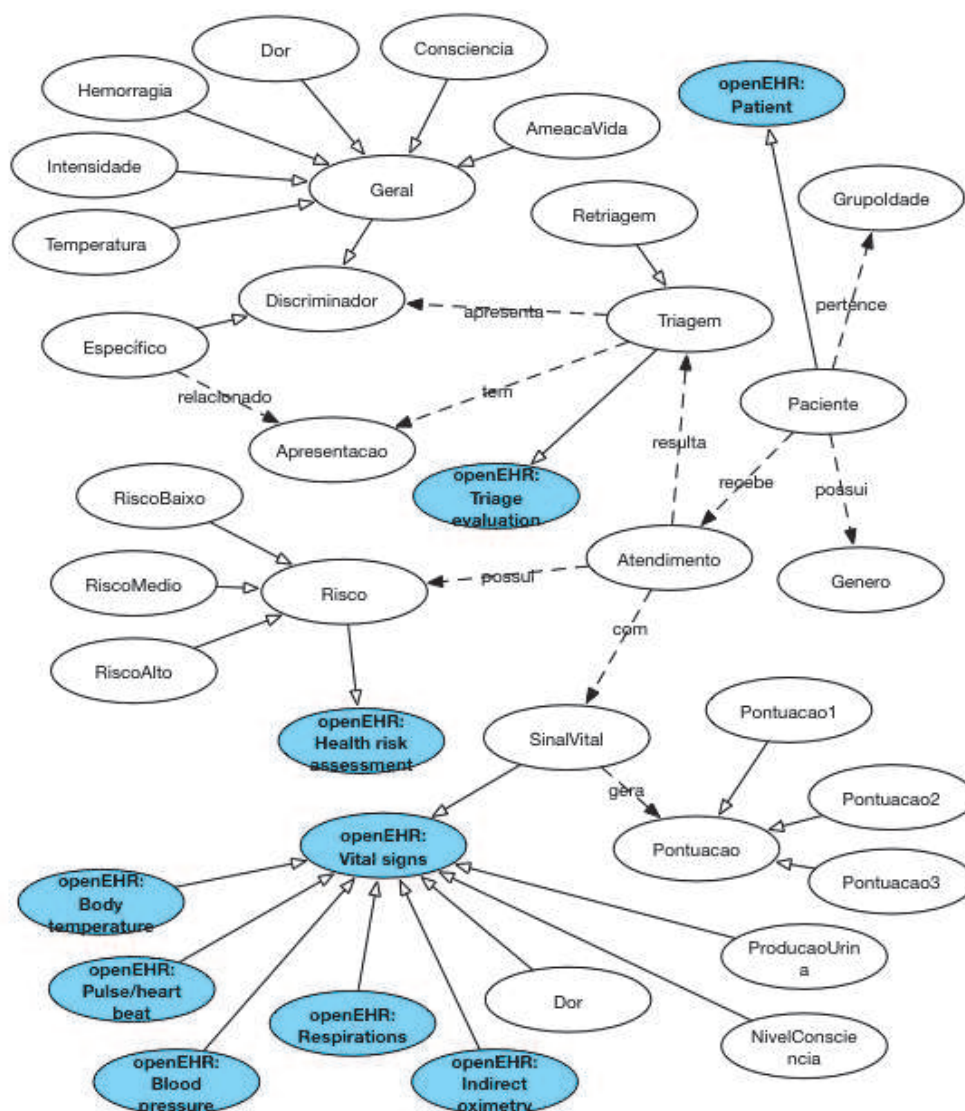
Com o objetivo de integrar o serviço com a ontologia criada, foi desenvolvido um componente, na linguagem Java, cuja única finalidade é efetuar o acesso à ontologia. Para isso, foi

<sup>1</sup>Disponível em <http://protege.stanford.edu>.

<sup>2</sup>Disponível em <http://symfony.com>.

<sup>3</sup>Disponível em <http://www.doctrine-project.org>.

Figura 7: Diagrama da ontologia utilizada no protótipo.



Fonte: Elaborada pelo autor.

usada a biblioteca OWL API<sup>4</sup>, que atua como uma interface para o arquivo OWL. Essa biblioteca também permite a ligação com raciocinadores (do inglês *reasoner*), como o Pellet<sup>5</sup>, que foi utilizado no processo de determinação da triagem ou do risco do paciente com base nos protocolos implementados. Contudo, visando integrar esse componente em Java com o serviço do UbiTriagem 2 em PHP, foi utilizado o PHP/Java bridge<sup>6</sup>, que se trata de um serviço que permite a integração bidirecional dessas duas linguagens.

Por fim, o aplicativo que faz interface com o enfermeiro e o paciente foi desenvolvido para a plataforma de dispositivos móveis iOS. As telas do protótipo desenvolvido podem ser observadas na Figura 8, que apresenta a interface com o (A) enfermeiro e com o (B) paciente. Seu

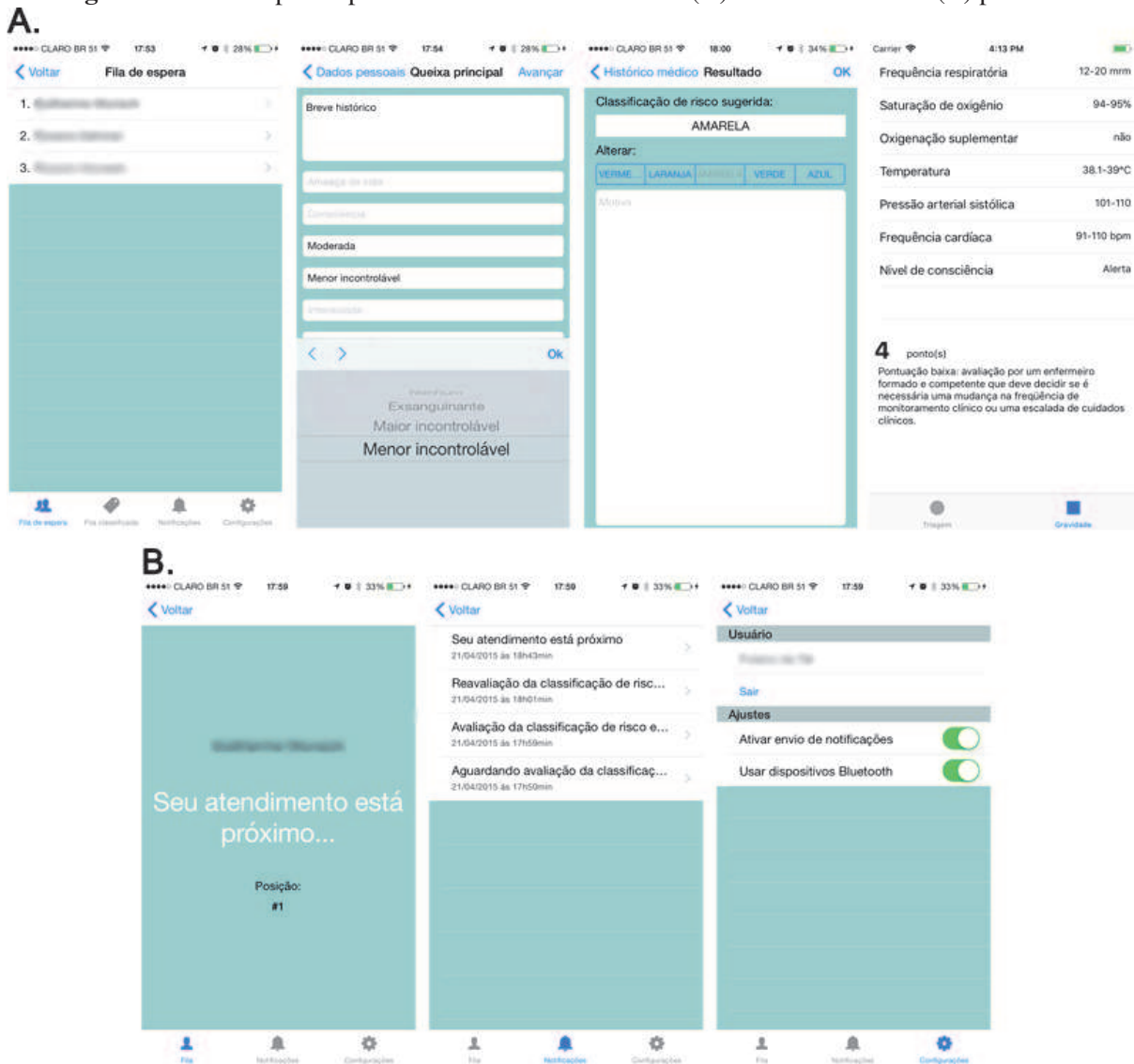
<sup>4</sup>Disponível em <http://owlapi.sourceforge.net>.

<sup>5</sup>Disponível em <https://github.com/complexible/pellet>.

<sup>6</sup>Disponível em <http://php-java-bridge.sourceforge.net>.

desenvolvimento utilizou a linguagem nativa para desenvolvimento nessa plataforma.

**Figura 8:** Telas do protótipo desenvolvido: Interface dos (A) enfermeiros e dos (B) pacientes.



Fonte: Elaborada pelo autor.

### 5.3 Avaliação e resultados

Fazendo o uso do protótipo desenvolvido, descrito na seção anterior, quatro avaliações diferentes devem ser efetuadas. A primeira, utilizou cenários fictícios, criados com o intuito de gerar uma discussão sobre o uso do modelo proposto. A segunda é referente a triagem de pacientes. Sendo assim, a partir cenários pré-elaborados, foi efetuado um processo de triagem simulado com o intuito de gerar uma comparação entre o modelo proposto e os valores de referência dos cenários utilizados. Após foi efetuada a avaliação do sistema de alerta precoce com dados de pacientes secundários obtidos da SAMU e de um hospital da cidade de Porto Alegre. Por fim, a última focou em atributos qualitativos, ou seja, foi aplicada uma metodologia avaliativa de

grupo focal cujo objetivo foi discutir questões relacionadas ao modelo elaborado. A seguir são descritos os detalhes de cada uma dessas avaliações.

### 5.3.1 Avaliação por cenários

A comunidade científica têm empregado o uso de cenários para avaliação de aplicações ubíquas e sistemas sensíveis ao contexto (SATYANARAYANAN, 2011; ROCHA; COSTA; ROSA RIGHI, 2015; WUNSCH; COSTA; RIGHI, 2017; WUNSCH; COSTA; ROSA RIGHI, 2017b). Segundo os autores (WESTERGRENN; FERM; HÄGGSTRÖM, 2014), com o uso dessa metodologia na área da saúde é possível tomar decisões mais conscientes, pois eliminamos o fator humano e focamos apenas nos reais problemas envolvidos. Além disso, ela proporciona uma economia de custo e tempo e, também, não são envolvidas questões éticas como, por exemplo, aplicar dois processos de triagem ao mesmo paciente (WORSTER et al., 2007; JOBÉ et al., 2014).

Com o objetivo de avaliar a viabilidade no uso do modelo proposto em um ambiente hospitalar, foram criados dois cenários hipotéticos que descrevem situações fictícias de pacientes que chegaram ao departamento de emergência do hospital e foram devidamente triados. Após algum tempo na fila de espera, eles apresentaram alterações significativas em seus sinais vitais e condutas diferentes foram tomadas pelos enfermeiros. A seguir são descritos esses cenários utilizados para essa avaliação:

Cenário 1 (triagem e retriagem): *“Uma menina de dezesseis anos de idade, que foi enviada para casa pela equipe diretiva da escola, pois não estava se sentindo bem, chegou com sua mãe no departamento de emergência. Ela é asmática há cinco anos. O hospital possui enfermeiros treinados e aptos a utilizar o protocolo de Manchester no processo de triagem. Durante a triagem, o enfermeiro verificou que a paciente está completamente lúcida e mencionou que tem estado cada vez mais ofegante faz dois dias. Seus batimentos cardíacos e a saturação de oxigênio, aferidos no momento da triagem através de dispositivos vestíveis são respectivamente 100 bpm e 92%. O enfermeiro utilizou o fluxograma para asma do protocolo de Manchester e definiu como prioridade a cor amarela à paciente. A menina foi dirigida até a sala de espera ainda com os dispositivos vestíveis para o monitoramento, em tempo real, dos seus sinais vitais. Durante a espera sua pulsação sofreu uma alteração para 110 bpm e a saturação de oxigênio para 90%. Automaticamente o sistema enviou uma notificação para o enfermeiro responsável pela triagem para que fosse efetuada a retriagem desta paciente. Então, baseado nas alterações dos sinais vitais, esta foi reclassificada com a cor laranja, ganhando maior prioridade no atendimento de acordo com o protocolo aplicado pelo hospital.”*

No cenário criado para a avaliação do modelo, a paciente inicialmente foi triada através do UbiTriagem 2. Através dos dados coletados pelo enfermeiro informados diretamente no sistema, o raciocínio efetuado em cima do protocolo utilizado pelo hospital definiu a prioridade no atendimento da paciente com a cor amarela. Entretanto durante a espera as medições da oxi-

metria de pulso e de pulsação da paciente alteraram. Essas alterações foram enviadas ao serviço que detectou a necessidade de retriagem da paciente, com base no mesmo raciocínio efetuado na ontologia do protocolo de triagem. Nesse mesmo momento o enfermeiro responsável recebeu uma notificação para que fosse efetuada esse procedimento. No caso, o enfermeiro coletou os dados novamente da paciente e o sistema alterou a prioridade do atendimento para laranja. Sendo assim, a paciente ganhou maior prioridade no atendimento.

Para que esse resultado fosse alcançado, foram desenvolvidos, também em linguagem nativa para iOS, simuladores dos sensores citados anteriormente, que foram acoplados ao componente IoT, responsável pela integração com dispositivos vestíveis para monitoramento dos sinais vitais. Esse componente não foi desenvolvido por completo, pois foi o meio encontrado para conseguir chegar mais próximo desse cenário avaliado.

Com isso, foi possível verificar que o modelo se comportou de maneira adequada, garantindo que o a triagem da paciente fosse efetuada com sucesso e, por outro lado, a retriagem foi efetuada em seu devido momento. Ou seja, quando, através da ciência de contexto, foi detectado que os sinais vitais aferidos através de sensores vestíveis, sofreram alterações significativas. Sendo assim, o protótipo confirmou que o modelo foi capaz de detectar, de forma ubíqua, alterações no quadro da paciente, notificando o enfermeiro quando fosse necessário efetuar a retriagem.

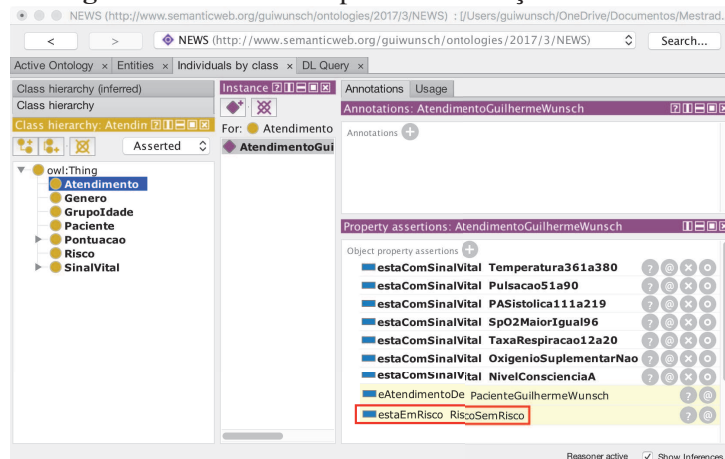
Cenário 2 (alerta precoce): *“Uma mulher de 55 anos entra no departamento de emergência queixando-se de falta de ar. Ela relata que tem sentido náuseas e tem vomitado também. Ela não tem dor no peito e seu pulso é de 86 batidas por minuto, regular, e sua pressão arterial é de 140 / 90 mmHg. Ela está bem tranquila e relata que procurou a emergência pois isso está causando um certo desconforto. Ela foi triada normalmente pelo enfermeiro. A paciente foi equipada com sensores vestíveis de sinais vitais e encaminhada à fila de espera. Enquanto aguardava pelo atendimento, ela começou a sentir fortes dores no peito. Seu pulso subiu para 140 batidas por minuto e sua pressão arterial para 220 / 140 mmHg. O enfermeiro foi notificado no mesmo momento. Este logo percebeu que a paciente estava tendo um ataque cardíaco e imediatamente contatou o time de resposta rápida do hospital.”*

Durante a triagem da paciente, os sinais vitais foram aferidos e nenhum estado de alerta foi gerado pelo sistema de alerta precoce, como pode ser observado na Figura 9. Segundo o NEWS, a soma dos escores dos sinais vitais para esse caso seria zero, portanto nenhum alerta deve ser emitido. Logo após, o serviço começa a receber as alterações nos sinais vitais enviadas pelo dispositivo móvel da paciente. Quando, através de simulação, houve uma alteração na pulsação para 140 batidas por minuto e na pressão arterial para 220 / 140 mmHg, com o raciocínio efetuado na ontologia, um estado de alerta foi gerado, conforme a Figura 10. Agora, também segundo o protocolo NEWS, a soma dos escores dos sinais vitais da paciente alterou para 6. Nesse caso, um estado de alerta foi emitido.

Nesse cenário elaborado, a paciente foi inicialmente triada e nenhum estado de alerta foi gerado, pois seus sinais vitais eram normais. Entretanto durante a espera pelo atendimento as

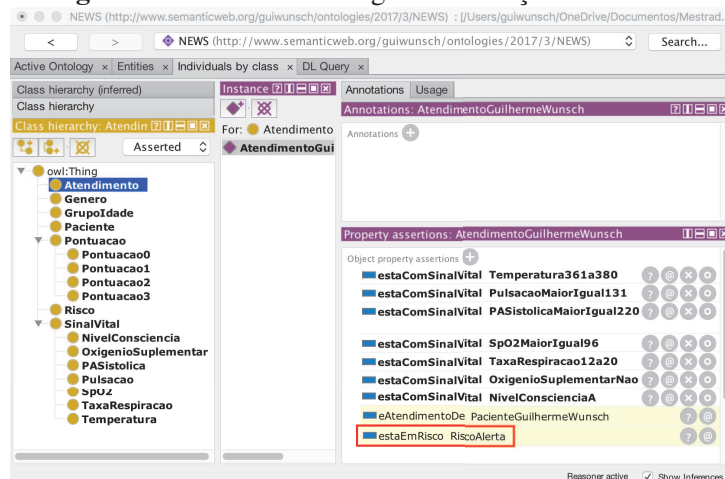


**Figura 9:** Resultado da primeira avaliação: sem risco.



Fonte: Elaborada pelo autor.

**Figura 10:** Resultado da segunda avaliação: com risco.



Fonte: Elaborada pelo autor.

medições pulsação e pressão arterial da paciente sofreram alterações, pois ela estava tendo um ataque cardíaco. Nesse mesmo momento o enfermeiro recebeu uma notificação e ao verificar o estado da paciente, tomou como conduta contatar o time de resposta rápida para que a paciente fosse atendida rapidamente.

Com isso, foi possível avaliar que o modelo se comportou da maneira esperada, mostrando que o sistema de alerta precoce agiu de forma adequada. Ou seja, quando, através de ciência de contexto, foi detectado que os sinais vitais, aferidos através de sensores vestíveis, sofreram alterações significativas. Nesse caso, o protótipo confirmou que o modelo foi capaz de detectar, de forma ubíqua, essas alterações, notificando o enfermeiro e potencializando as chances de vida da paciente.

### 5.3.2 Avaliação da triagem

De acordo com Padmanabhan et al. (2006), os resultados de um processo triagem precisam ser confiáveis, pois atribuir a um paciente uma categoria inferior pode trazer sérias implicações para a saúde de um paciente. Por outro lado, caso seja atribuída uma categoria superior, ou seja, quando a condição do paciente é considerada mais grave do que realmente é, não alcançamos eficácia quanto à alocação de recursos. Portanto, a fim de avaliar a validade e a confiabilidade na determinação da classificação sugerida pelo protótipo, foi utilizada uma metodologia baseada em cenários documentados de classificações de risco já efetuadas. Nela, foram selecionados trinta cenários que já possuem uma classificação considerada correta (FOLLIARD, 2006). E em um processo simulado será possível verificar o percentual de pacientes que foram classificados conforme o esperado.

O MTS utiliza cinco categorias que são definidas aos pacientes de acordo com a sua classificação sendo da vermelha, mais prioritária, até a azul, menos prioritária. A Tabela 9 mostra todas as triagens referências em comparação com as sugeridas pelo protótipo desenvolvido. Como é possível observar, em 93,33% das situações avaliadas a ontologia utilizada para determinar a classificação se mostrou assertiva. Entretanto, houve dois casos em que ela se mostrou indeterminada na definição de uma categoria.

**Tabela 9:** Comparativo entre a triagem referência e a sugerida pelo protótipo.

|                   | <b>Referência</b> | <b>Protótipo</b> | <b>Referência</b> | <b>Protótipo</b> |         |
|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|---------|
| <b>Cenário 1</b>  | Amarela           | Amarela          | <b>Cenário 16</b> | Laranja          | Laranja |
| <b>Cenário 2</b>  | Amarela           | Amarela          | <b>Cenário 17</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 3</b>  | Laranja           | Laranja          | <b>Cenário 18</b> | Laranja          | Laranja |
| <b>Cenário 4</b>  | Verde             | <b>Azul</b>      | <b>Cenário 19</b> | Verde            | Verde   |
| <b>Cenário 5</b>  | Laranja           | Laranja          | <b>Cenário 20</b> | Laranja          | Laranja |
| <b>Cenário 6</b>  | Amarela           | Amarela          | <b>Cenário 21</b> | Laranja          | Laranja |
| <b>Cenário 7</b>  | Laranja           | Laranja          | <b>Cenário 22</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 8</b>  | Laranja           | Laranja          | <b>Cenário 23</b> | Laranja          | Laranja |
| <b>Cenário 9</b>  | Verde             | Verde            | <b>Cenário 24</b> | Laranja          | Laranja |
| <b>Cenário 10</b> | Verde             | Verde            | <b>Cenário 25</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 11</b> | Amarela           | Amarela          | <b>Cenário 26</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 12</b> | Laranja           | Laranja          | <b>Cenário 27</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 13</b> | Amarela           | Amarela          | <b>Cenário 28</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 14</b> | Laranja           | Laranja          | <b>Cenário 29</b> | Amarela          | Amarela |
| <b>Cenário 15</b> | Azul              | -                | <b>Cenário 30</b> | Laranja          | Laranja |

Fonte: Elaborada pelo autor.

No cenário 4, não existiam discriminadores que poderiam definir uma categoria para a classificação mais prioritária que a azul. No entanto, segundo o protocolo MTS, a apresentação definida para esse cenário (comportamento estranho) não pode possuir uma categoria inferior a verde. Por outro lado, no cenário 15, não existem discriminadores que podem ser associados para esse caso. Como todo o processo, segundo o protocolo MTS, gira em torno da associação

de apresentações e discriminadores à triagem, o protótipo não se mostrou consistente, pois não pôde sugerir nenhuma classificação para ambos os casos. Esses problemas podem ser contornados através da criação de uma regra na ontologia que atribui sempre a menor categoria possível, incluindo os casos que a triagem possua uma apresentação que, segundo o protocolo MTS, necessita de uma classificação mínima superior a menor existente no protocolo. Desse jeito, sempre será atribuída uma categoria à triagem. Com isso, nos casos em que não é associado nenhum discriminador ou que os discriminadores não podem elevar a classificação para o valor mínimo sugerido para determinada apresentação, essa regra terá efeito, e a atribuição será sempre como a definida pelo protocolo MTS. Com isso, conseguimos obter 100% das classificações esperadas, incluindo os cenários 4 e 15. Ou seja, foi possível concluir que o modelo elaborado conseguiu englobar corretamente as funcionalidades de um protocolo de triagem e se mostrou eficaz para uso em um ambiente hospitalar.

### 5.3.3 Avaliação do sistema de alerta precoce

Tendo o protótipo desenvolvido, foi efetuada a avaliação do sistema de alerta precoce. O principal objetivo dessa avaliação foi averiguar se o modelo desenvolvido conseguiria aplicar corretamente o protocolo implementado, no caso NEWS, e distinguir corretamente as gravidades dos pacientes, gerando alertas ao enfermeiro quando necessário. Segundo Tavares et al. (2010), para avaliar um sistema de alerta precoce, analisa-se a taxa de verdadeiros positivos, nesse caso, sempre que o alerta foi gerado e o paciente estava em deterioração aguda ou em risco de deteriorar em relação a taxa de falsos positivos, ou seja, quando um alerta foi gerado e o paciente estava estável. Uma taxa entre 70% a 80% é considerada razoável. Por outro lado, é considerada uma taxa boa qualquer valor obtido acima desse percentual (WILLIAMS et al., 2012).

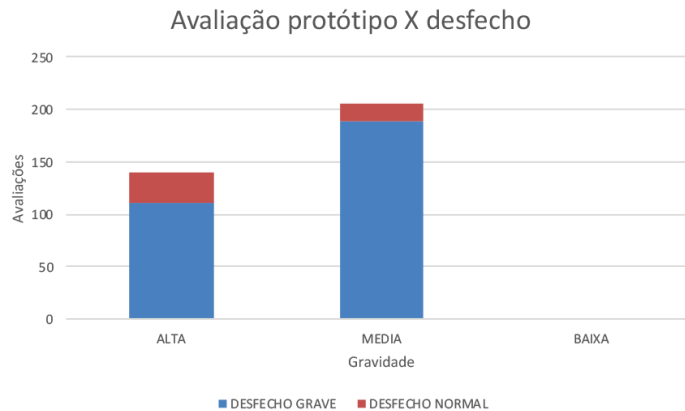
De posse de dados secundários contendo informações de 346 avaliações de sinais vitais efetuadas em 115 pacientes que estavam na unidade de internação de um hospital da cidade de Porto Alegre. Essa amostra de dados foi coletada entre janeiro de 2015 a agosto de 2016. As avaliações eram registradas quando fosse acionado o time de resposta rápida desse hospital. Além dos sinais vitais, foi registrado o desfecho do paciente, ou seja, quando o paciente fosse encaminhado para a UTI (desfecho grave) ou quando não fosse necessário (desfecho normal).

O gráfico observado na Figura 11 mostra que o protótipo desenvolvido conseguiu atingir a expectativa, pois nenhum paciente foi detectado com gravidade baixa. Isso era o esperado, pois a fonte de dados era exclusiva de chamadas ao time de resposta rápida (o principal objetivo de um sistema de alerta precoce). Como visto anteriormente na literatura, o protocolo NEWS indica que gravidades médias e altas devem gerar alertas ao time de resposta rápida (SMITH et al., 2008; OPIO; NANSUBUGA; KELLETT, 2013; WILLIAMS et al., 2012). Podemos confirmar a assertividade do protótipo desenvolvido com os dados obtidos, pois, como podemos verificar na Figura 11 das 346 avaliações de gravidade, 130 alta e 206 média, sucessivamente



111 (85,3%) e 189 (96,1%) tiveram um desfecho grave. Com isso, foi concluir que o modelo desenvolvido foi capaz de detectar conforme o esperado a gravidade dos pacientes com base nas avaliações efetuadas sobre os sinais vitais dos mesmos, pois 100% das chamadas geradas ao time de resposta rápida também geraram uma notificação do sistema de alerta precoce (gravidades média ou alta).

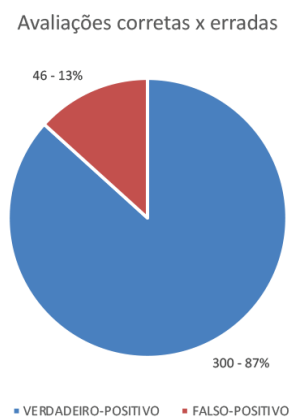
**Figura 11:** Avaliação obtida com o protótipo em relação ao desfecho (grave ou normal).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Entretanto, obtivemos 46 casos de falso positivo, ou seja, o time de resposta rápida foi chamado e paciente teve um desfecho normal, como pode ser observado na Figura 12. Desses, 29 e 17 casos estão relacionados as gravidades alta e média sucessivamente. Sendo assim, em 13,29% dos casos o time de resposta rápida não precisaria ter sido chamado. Ou seja, 86,71% de avaliações efetuadas estavam corretas. Essa taxa de assertividade pode ser considerada boa, pois é superior a 80%. Nesse caso, podemos concluir que, se estivéssemos em um ambiente de emergência, 86,71% dos acionamentos ao time de resposta rápida efetuados através do modelo desenvolvido resultariam em um desfecho grave ao paciente.

**Figura 12:** Avaliação obtida com o protótipo em relação a sua assertividade.



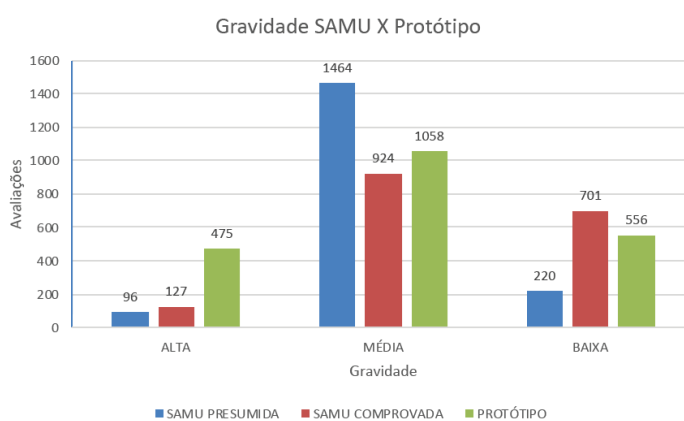
Fonte: Elaborada pelo autor.

Essa avaliação efetuada mostrou que o protótipo foi assertivo ao classificar a gravidade dos

pacientes em relação as chamadas ao time de resposta rápida. Entretanto, os dados mencionados anteriormente são referentes à pacientes dentro da unidade de internação e o trabalho proposto tem como foco pacientes que ainda estão no departamento de emergência. Para analisar esse caso específico, foi utilizada a base do SAMU, contendo um total de 2254 chamadas recebidas durante o mês de junho de 2017. Dessas, foram excluídos os atendimentos em que o paciente foi encontrado em óbito quando o SAMU chegou para prestar o socorro, pois nesse caso não foi possível aferir os seus sinais vitais. Ao todo 2089 avaliações foram analisadas afim de comparar a pontuação obtida no sistema de alerta precoce com a gravidade definida, de forma qualitativa, pelo SAMU. Esse serviço utiliza duas avaliações de gravidade: presumida e comprovada. A presumida é efetuada por telefone, quando o operador do SAMU define se uma equipe de atendimento deve (ou não) ser enviada ao local. Por outro lado, a gravidade comprovada é aferida diretamente no paciente com as informações sendo passadas ao médico regulador, para, por exemplo, ajudar a definir o hospital de destino e para serem repassadas ao serviço de saúde que for receber esse paciente.

Podemos analisar, através do gráfico da Figura 13 que a gravidade definida, de forma qualitativa, pelo médico regulador do SAMU, se assemelha a gravidade obtida através do sistema de alerta precoce. Um ponto importante para destacarmos é que para a gravidade alta obtida pelo protótipo obteve uma quantidade bem maior ao comparada com a gravidade presumida e a comprovada. Isso mostra que o protocolo utilizado, no caso o NEWS, é mais sensível se comparado à avaliação efetuada pelo SAMU. Sendo assim, podemos concluir que esse protótipo, que levou em consideração apenas os sinais vitais do paciente, pode se assemelhar a uma análise qualitativa efetuada por um médico especialista em emergências.

**Figura 13:** Comparação entre as categorias de gravidade do protótipo em relação ao SAMU.

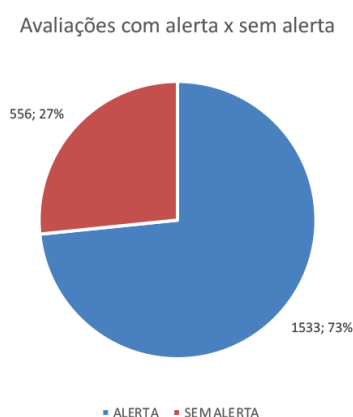


Fonte: Elaborada pelo autor.

Ao compararmos as chamadas ao SAMU que iriam gerar um alerta precoce em relação às que não gerariam, como podemos observar na Figura 14, foi possível constatar que em 1533 casos (73,38%) uma notificação de alerta seria enviada. Sendo assim, se considerarmos esses dados como provenientes do departamento de emergência, sem levar em consideração os paci-

entes que chegam por conta própria ao hospital, o time de resposta rápida seria acionado 1533 vezes pelo sistema de alerta precoce. Além disso, ao descontarmos a taxa de falsos positivos encontrada anteriormente de 13,29%, podemos concluir que em 1329 dos 2089 casos (63,61%), de apenas uma das origens de pacientes de um departamento de emergência, o alerta precoce seria de fato efetivo. Sendo assim, pelo menos 63,61% de todos os casos atendidos em um departamento de emergência, vindos do SAMU, poderiam ser beneficiados por esse modelo e isso iria contribuir significativamente para aumentar as chances de vida desses pacientes e, por consequência, diminuir os custos totais de tratamentos.

**Figura 14:** Comparação as chamadas ao SAMU que iriam gerar um alerta em relação às que não gerariam.



Fonte: Elaborada pelo autor.

#### 5.3.4 Avaliação em grupo

Para a avaliação final desse modelo, foi conduzida uma metodologia de grupo focal cujo objetivo foi realizar um fechamento de cunho qualitativo em cima do modelo desenvolvido. Esse tipo de avaliação consiste em reunir um grupo de pessoas para discutir sobre assuntos específicos de uma pesquisa conduzida com a presença de membros especialistas no assunto a ser discutido e de um mediador. Segundo (TRAD, 2009), um grupo focal se difere de uma entrevista individual, pois baseia-se na interação entre as pessoas para se obter os dados necessários à pesquisa e pode estimular debates e discussões de opiniões. Essa pode ser considerada uma vantagem na realização dessa metodologia. Além disso, é mais economicamente viável e possibilita maior aprofundamento na discussão, pois diferentes visões podem ser apresentadas por um participante da discussão e uma nova opinião em direção a uma contribuição futura pode ser formada (RITCHIE et al., 2013).

Não existe um número ótimo de participantes, mas Pizzol (2004) defende que o melhor tamanho do grupo é aquele que permite a participação efetiva de todos os participantes e a discussão adequada dos temas propostos. Foi encontrado na literatura uma variação de seis a quinze participantes (TRAD, 2009). Entretanto, segundo Trad (2009) houveram ocasiões em

que o número foi superior a quinze participantes e a realização do grupo focal foi prejudicada. Nesse caso, sugere-se a divisão desses participantes em mais grupos de discussão. Um grupo grande pode gerar mais ideias em relação a um grupo pequeno, mas uma dificuldade é controlar a discussão entre esses participantes (OGBEIFUN; MBOHWA; PRETORIUS, 2016). Já em relação ao perfil dos participantes, eles devem apresentar certas particularidades em comum que estão associadas à temática em estudo. Portanto, o grupo de participantes deve ser homogêneo em termos de características que implicam no assunto em foco Trad (2009).

O número de participantes para a avaliação em grupo efetuada foi de seis pessoas. Na seleção, foram escolhidos participantes que tinham alguma relação com o tema triagem de pacientes, sistemas de alerta precoce ou emergência. Esse grupo contou com três enfermeiros: um com conhecimento focado em emergência, outro com grande experiência no SAMU e professor do curso de pós-graduação em enfermagem e, outro, também professor, com experiência profissional em emergência intra-hospitalar; um médico, diretor técnico e clínico do SAMU; um empreendedor, sócio de uma empresa de desenvolvimento de sistemas focada em softwares para atendimento pré-hospitalar; e mais um professor, também do curso de pós-graduação em enfermagem, que atua como pesquisador na área de escores de gravidade.

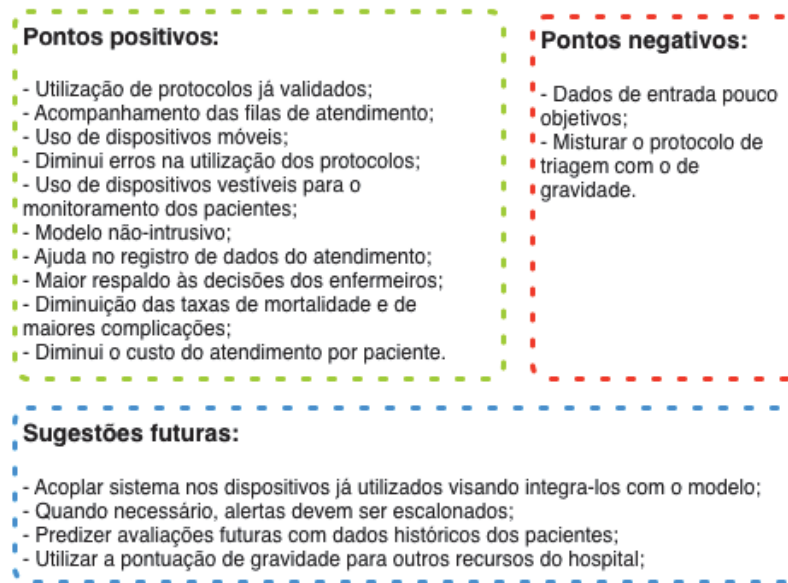
O principal objetivo desse grupo focal foi avaliar, de forma qualitativa, o modelo desenvolvido e todos os resultados já obtidos previamente. Para isso foram definidas um total de seis questões, como pode ser observado na Tabela 10 e elaborada uma pequena apresentação para o iniciar a discussão. Durante essa metodologia de avaliação, iniciamos com uma pequena apresentação de cada membro do grupo focal que durou aproximadamente 10 minutos. Após foi exposto o modelo, demonstrado o protótipo desenvolvido e todos os resultados já obtidos. Essa apresentação teve duração de 30 minutos. Nos próximos 50 minutos foi instigada uma discussão pautada nas seis questões desenvolvidas. Uma síntese contendo o resultado desse debate pode ser observada na Figura 15.

**Tabela 10:** Questões para guiar a discussão do grupo focal.

| <b>Número</b> | <b>Pergunta</b>                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| #1            | Qual sua primeira percepção sobre esse modelo?                                                  |
| #2            | O uso de sensores conectados ao paciente é muito intrusivo? Como será sua adoção?               |
| #3            | Você acha que o modelo pode contribuir para a diminuição do tempo gasto com tarefas rotineiras? |
| #4            | Esse modelo contribui para a diminuição das taxas de mortalidade e de complicações maiores?     |
| #5            | Quais suas percepções de valores para esse modelo? Você o usaria?                               |
| #6            | Quais mudanças você sugere para o modelo?                                                       |

Fonte: Elaborada pelo autor.

Em relação a primeira percepção sobre o modelo, o grupo mencionou que os dados solicitados na etapa de triagem precisam ser mais objetivos. Sendo assim, eles devem ser solicitados ao enfermeiro apenas quando necessários pelo protocolo. Ainda sobre essa etapa, um participante

**Figura 15:** Síntese do grupo focal.

Fonte: Elaborada pelo autor.

relatou que devemos focar exclusivamente nos protocolos de triagem, não misturando com os de gravidade. Atualmente, os algoritmos mais robustos como por exemplo, o MTS, já estão começando a usar os sinais vitais e eles são solicitados de acordo com a apresentação do paciente. O grupo acredita que solicitar muitas informações ao enfermeiro pode ser um fator complicativo para a adoção do modelo. Sendo assim, foi sugerido por esse participante utilizar somente o protocolo de triagem até o atendimento médico e, após o atendimento, aferir a gravidade do paciente. É importante deixar as atividades separadas, pois a muitos protocolos de triagem que não validam a utilização do escore de gravidade em conjunto. Por outro lado, todos gostaram da ideia de prever a utilização de protocolos já validados pelo modelo e não criar um novo.

O grupo citou que é muito interessante ter um sistema onde se pode acompanhar as filas de atendimento e receber alertas sobre seus andamentos. Uma decisão de projeto que foi notada por todos é o fato de utilizar um dispositivo móvel em que o enfermeiro pode efetuar a triagem diretamente nos pacientes. Além de contribuir em casos em que os pacientes tenham dificuldade de locomoção, já seria um grande facilitador na informatização do protocolo de triagem, comentou um participante durante a discussão. Esse grande avanço se dá pois, eventualmente, ocorrem equívocos no momento da definição da classificação. Geralmente os enfermeiros que participam desse processo são recém-formados e menos experientes. Um fato já presenciado por um dos integrantes do grupo foi que uma avaliação errada efetuada acabou ocasionando em um problema gravíssimo ao paciente. Ele mencionou que na ocasião o paciente em questão foi classificado com verde, por engano (sua real classificação seria laranja) e, nesse caso, o médico e toda a equipe que participou do atendimento olharam de forma diferente, mais branda para o problema do seu paciente, realizando um tratamento inadequado em função de uma classifi-

cação errônea inicial. Isso mostra a importância desta etapa e como ela está concatenada com as demais subsequentes. Ou seja, um erro de classificação pode vir a resultar em um engano posterior de diagnóstico ou tratamento. Um sistema informatizado iria minimizar o erro dos enfermeiros ao efetuar triagem. É importante ressaltar que quando o protocolo é utilizado corretamente ele é uma ferramenta muito útil para o departamento de emergência. Se o sistema prevenir o erro humano, as equipes irão confiar mais no resultado gerado pelo protocolo.

O possível uso de dispositivos vestíveis para o monitorando foi considerado o maior avanço desse modelo, pois eventualmente o departamento de emergência está lotado e o enfermeiro não consegue enxergar quando os sinais vitais do paciente estão deteriorando. Além disso, o grupo diz que o modelo não é, de forma alguma, intrusivo. Hoje as equipes de enfermeiros já fazem o uso de equipamentos semelhantes para aferir os sinais vitais no departamento de emergência. Portanto sua adoção deverá ocorrer de forma tranquila, pois hoje uma das grandes dificuldades dessas equipes é manter os registros dos pacientes atualizados e concisos. Além disso, como os sinais vitais serão aferidos automaticamente, não é necessário incomodar os pacientes enquanto eles estiverem estáveis. Segundo os integrantes do grupo, esse é um grande benefício do modelo proposto.

Hoje é uma grande dificuldade ter um dispositivo multiparâmetro, pequeno e de baixo custo para medir os sinais vitais necessários em um departamento de emergência. Contudo as seguintes características foram destacadas como importantes pelo grupo:

- a) Deve conseguir aferir de forma simples e contínua os sinais vitais utilizados pelos protocolos;
- b) Os dispositivos devem ser de fácil limpeza ou descartáveis;
- c) Seu custo deve ser avaliado em relação à economia representada pela detecção antecipada da deterioração dos sinais vitais;
- d) Seria desejável se fosse à prova d'água;
- e) Não deve apenas monitorar os sinais vitais do paciente, mas também sua localização;
- f) Precisa auxiliar na identificação dos pacientes através de sinais luminosos e sonoros;
- g) Deve ser aprovado para uso em hospitais pelas agências reguladoras.

Foi levantado pelo grupo que um sinal vital muito difícil de se obter com sensores é o nível de consciência. Uma sugestão dada por um dos participantes foi utilizar um dispositivo que enviasse algum alerta ao paciente solicitando a sua interação com o mesmo. Entretanto, dependendo a escala de consciência que está sendo utilizada, esse simples mecanismo poderia não funcionar. Geralmente uma pessoa inconsciente acaba afetando outros sinais vitais, mas isso não é uma regra. O que se pode utilizar, nesses casos, são escalas diferentes para definir a consciência do paciente.

Um dos integrantes acredita que as aferições dos sinais vitais têm que ser frequentes, exceto em pacientes com baixo risco, e o envio de notificações precisa ocorrer apenas quando detectada uma deterioração. Além disso, todos acreditam que mesmo com essa automatização do departamento de emergência, isso não representaria um risco de os técnicos serem substituídos por um sistema informatizado. O grupo indaga que, ao contrário do que se imagina, os enfermeiros iriam adotar o modelo, pois além de ajudar nas suas tarefas diárias, ele iria os deixar com mais tempo para que eles efetuem tarefas mais importantes. Além disso, iria dar um maior respaldo para as suas decisões.

Segundo o grupo, foi uma excelente decisão de projeto ter no modelo um mecanismo de alerta precoce, principalmente para hospitais superlotados. Entretanto, um participante relata que é importante não cruzar os dados do protocolo de deterioração com os de triagem, uma vez que eles não são validados para serem utilizados em conjunto. Esse mesmo participante sugeriu iniciar o mecanismo de alerta precoce somente após aplicado o protocolo de triagem. Isso já pode ser efetuado com o modelo proposto, pois depende exclusivamente do processo do hospital e não do sistema. Além disso, o grupo menciona que o recurso de alerta precoce iria contribuir na diminuição das taxas de mortalidade e graves complicações e, principalmente, diminuir o custo no tratamento de um paciente. Todos concordam que se o modelo ajudar, através do monitoramento dos sinais vitais, a identificar mais rapidamente a gravidade, o custo de um atendimento pode cair drasticamente.

Quando indagados sobre a percepção de valor do modelo e se o utilizariam, o grupo respondeu sem hesitar: Todos utilizaram o modelo. Os participantes acharam muito úteis seus recursos. Inclusive, alguns mencionaram que ficariam muito felizes em fazer sua utilização, como pacientes. Tendo em vista que estão sendo monitorados e que notificações serão enviadas em caso de deterioração dos seus sinais vitais. Segundo um dos integrantes, já temos diversas dificuldades nos hospitais com muitos recursos, sem dúvida o modelo desenvolvido viria a calhar em lugares mais deficitários. Além disso, confiando no sistema e nos protocolos, tiramos um peso na responsabilidade das avaliações efetuadas pelos enfermeiros. Isso poderia diminuir os erros causados com o excesso de confiança dos profissionais que fazem as avaliações.

Por fim, os participantes sugeriram novos recursos para o modelo desenvolvido. Uma das sugestões foi permitir acoplar, nos monitores de sinais vitais já utilizados nos hospitais, um mecanismo que captasse as informações daquele dispositivo legado e retransmitisse para o sistema de alerta precoce. Esses alertas precisam ser escalonados para superiores quando a equipe não efetuar o atendimento do paciente quando detectado pelo sistema. Um dos integrantes do grupo acredita que é uma possibilidade futura trabalhar em cima da predição de avaliações com base em dados históricos. Sendo assim, o enfermeiro precisa apenas informar alguns termos que devem ser avaliados diretamente no paciente e, cruzando com os sinais vitais e o protocolo de triagem, seria possível prever uma condição futura do paciente. Além disso, a pontuação da gravidade não precisa ser utilizada somente para ativar o time de resposta rápida, segundo o grupo. Ela pode ser utilizada para, por exemplo, escalonar recursos, como equipamentos de

exames, do hospital. A gravidade, aferida através de dispositivos vestíveis, também poderia ser utilizada antes do atendimento inicial ao paciente para, por exemplo, criar uma fila priorizada antes da triagem. Segundo os enfermeiros do grupo, esse processo é muito empírico ainda e não é efetuado em muitos hospitais. Contudo, devemos levar em conta que as avaliações precisam ser feitas de forma antecipada, ou seja, o paciente deve receber os dispositivos para aferir os sinais vitais mesmo que o boletim de atendimento não tenha sido criado e essas informações devem ser relacionadas, posteriormente, a esse boletim.





## 6 CONCLUSÃO

Esse trabalho teve como objetivo elaborar um modelo computacional, denominado UbiTriagem 2, com o intuito de apoiar o processo de triagem, oferecendo suporte a um sistema de alerta precoce. Seu desenvolvimento foi focado no departamento de emergência de hospitais para uso dos enfermeiros bem como de pacientes que aguardam pelo atendimento. Enquanto o enfermeiro pode acompanhar a fila de atendimento e realizar a triagem de pacientes através de um sistema que sugere, de acordo com o protocolo empregado, a prioridade para o atendimento de cada paciente, o mesmo, por outro lado, é monitorado através de sensores vestíveis e o período de espera pelo atendimento é humanizado. Ou seja, enquanto se espera pelo atendimento, o paciente recebe informações detalhadas sobre o protocolo de triagem.

Sua principal contribuição científica foi prever a interoperabilidade entre diferentes protocolos de triagem e de deterioração de sinais vitais empregados hoje nos hospitais fazendo o uso de uma ontologia. Além disso, outra preocupação foi agregar, também nessa ontologia, informações coletadas de diferentes sensores IoT (como fonte de dados) para inferir a triagem e a gravidade dos pacientes.

Diferente dos trabalhos relacionados, o modelo se preocupou também em suportar um sistema de alerta precoce no departamento de emergência, a partir do monitoramento dos sinais vitais de pacientes com dispositivos IoT. Ele mostrou ser uma importante ferramenta capaz de diminuir as taxas de mortalidade e de complicações mais graves e também diminuir o custo gasto no atendimento de cada paciente. Além de tudo, o modelo foi elaborado para ser utilizado em qualquer departamento de emergência, uma vez que os protocolos de triagem ou de gravidade podem ser acoplados de acordo com as instituições de saúde.

Ainda em relação ao uso de um sistema de alerta precoce no departamento de emergência, além de ser uma ferramenta poderosa para detectar antecipadamente a deterioração de um paciente e chamar um time de resposta rápida, ela pode ser utilizada para outros propósitos, como, por exemplo, priorizar a fila de atendimento antes de efetuar a triagem do paciente ou para a alocação de recursos disponíveis no departamento de emergência. Contudo, é importante não cruzar as informações de um protocolo de deterioração de sinais vitais os de triagem que já são utilizados na emergência, pois eles não são validados para serem utilizados em conjunto. A Tabela 11 compara as principais características UbiTriagem 2 com os trabalhos relacionados, como foi visto no Capítulo 3.

O protótipo desenvolvido mostrou-se, nos cenários hipotéticos elaborados, uma eficaz ferramenta para o apoio à equipe de saúde no processo de acolhimento de um departamento de emergência. O modelo foi capaz, inclusive, de detectar a deterioração nos sinais vitais dos pacientes que aguardam por atendimento, enviando alertas ao enfermeiro responsável para que este tome a devida conduta. Em relação à triagem, foi possível concluir que o modelo foi capaz de determinar corretamente a classificação do paciente em 93,33% das situações avaliadas e, com pequenos ajustes, atingimos 100% dos casos. Quanto a avaliação do sistema de

**Tabela 11:** Comparativo entre os trabalhos relacionados e o UbiTriage 2.

| Referência/modelo              | IoT        | Triagem    | Monitoramento | Apoio à decisão | Gestão de saúde | Alerta precoce |
|--------------------------------|------------|------------|---------------|-----------------|-----------------|----------------|
| (CLAUDIO et al., 2014)         | Sim        | Sim        | Sim           | Sim             | Não             | Não            |
| (TING et al., 2011)            | Sim        | Não        | Sim           | Sim             | Não             | Não            |
| (KUMARAN; NSENGA, 2016)        | Sim        | Sim        | Não           | Não             | Sim             | Não            |
| (KUO et al., 2015)             | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (FERNÁNDEZ-LÓPEZ et al., 2010) | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (SCHMIDT et al., 2016)         | Sim        | Não        | Não           | Sim             | Não             | Não            |
| (AGARWAL et al., 2015)         | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (SRAVANI; KUMAR, 2015)         | Sim        | Sim        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (COX et al., 2008)             | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (KO et al., 2010)              | Sim        | Sim        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (SALMAN et al., 2014)          | Sim        | Sim        | Não           | Sim             | Não             | Não            |
| (FLEMING et al., 2008)         | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (NISWAR et al., 2013)          | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| (AYYAGARI et al., 2009)        | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Sim             | Não            |
| (SKOLNIK et al., 2016)         | Sim        | Sim        | Não           | Sim             | Não             | Não            |
| (CHEN; POMPILI, 2011)          | Sim        | Não        | Sim           | Não             | Não             | Não            |
| <b>UbiTriage 2</b>             | <b>Sim</b> | <b>Sim</b> | <b>Sim</b>    | <b>Sim</b>      | <b>Sim</b>      | <b>Sim</b>     |

Fonte: Elaborada pelo autor.

alerta precoce, podemos afirmar que é um sistema de alerta eficaz, pois ao avaliá-lo com os dados de chamadas de um time de resposta rápida, 86,71% dos alertas gerados pelo sistema estavam corretos. Por outro lado, ao avaliá-lo com os dados da SAMU, podemos concluir que seu resultado obtido se assemelha muito à avaliação qualitativa efetuada por um médico regulador especialista em emergências. Por fim, com a avaliação efetuada através da metodologia de grupo focal, podemos destacar como pontos positivo do modelo desenvolvido: a utilização de protocolos já validados; o acompanhamento das filas de atendimento; o uso de dispositivos móveis; a diminuição em erros na utilização dos protocolos; o uso de dispositivos vestíveis para o monitoramento dos pacientes; um modelo não-intrusivo; o auxílio no registro de dados do atendimento; um maior respaldo às decisões dos enfermeiros; a diminuição das taxas de mortalidade e de maiores complicações; e a diminuição no custo do atendimento por paciente.

A seguir são listados os artigos que foram aceitos e publicados, bem como um artigo que ainda está em avaliação. Isso confirma a qualidade da pesquisa desenvolvida e o interesse científico no desenvolvimento do tema proposto.

1. **Publicado:** WUNSCH, G. ; COSTA, C. A. da ; RIGHI, R. R. A Semantic-Based Model for Triage Patients in Emergency Departments. JOURNAL OF MEDICAL SYSTEMS, v. 41, p. 65-96, 2017.
2. **Publicado:** WUNSCH, G. ; COSTA, C. A. da ; RIGHI, R. R. Um modelo ubíquo para re-triagem de pacientes baseado na Internet das coisas. Em: 8º SBCUP - Simpósio Brasileiro de Computação Ubíqua e Pervasiva, 2016, Porto Alegre. Anais do XXXVI congresso da

sociedade brasileira de computação. Porto Alegre: SBC, 2016. p. 1176-1185.

3. **Publicado:** WUNSCH, G. ; COSTA, C. A. da ; RIGHI, R. R. An Early Warning Semantic-based Model for Emergency Departments. Em: 16th International Conference WWW/Internet 2017 (ICWI 2017), 2017, Vilamoura, Portugal. Proceedings of the International Conferences on WWW/Internet 2017 and Applied Computing 2017. Lisboa: IADIS, 2017. p. 15-22.
4. **Em avaliação:** WUNSCH, G.; DA COSTA, C. A.; RIGHI, R. R.; FARIAS, K. A última década da Internet das coisas para a triagem de pacientes no departamento de emergência - Um mapeamento sistemático. Journal of Health Informatics.

Em relação a trabalhos futuros, deve ser considerada a avaliação do modelo em vida real, visto que essa é uma grande lacuna encontra nesse tema de pesquisa. Outras lacunas são elaborar um conector que seja capaz de se integrar a qualquer sistema de gestão hospitalar para obtenção dos dados voltados ao atendimento do paciente para alimentar o modelo proposto e traçar outros direcionamentos para a ontologia criada. A relação entre o aumento dos dispositivos IoT e a complexidade da análise dos sinais vitais pode ser um tema de pesquisa porvir. Como foi possível observar no grupo focal, acoplar o existente modelo à dispositivos legados já utilizados nos hospitais e gerar a alertas escalonáveis, sempre que necessário, pode ser uma evolução desse modelo. Por fim, devemos levar em consideração também elaborar um sistema de apoio à decisão que acompanhe as atualizações e os aprendizados de casos clínicos vivenciados dentro da equipe, não se tornando obsoleto com o tempo, além de utilizar contextos históricos para predizer avaliações futuras de um paciente e utilizar a pontuação de gravidade para a alocação dos recursos do hospital.



## REFERÊNCIAS

- AGARWAL, S.; RANI, A.; SINGH, V.; MITTAL, A. FPGA based wireless emergency medical system for developing countries. In: INFORMATION AND COMPUTER TECHNOLOGY (GOCICT), 2015 ANNUAL GLOBAL ONLINE CONFERENCE ON, 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p. 80–84.
- ASHTON, K. et al. That ‘internet of things’ thing. **RFID journal**, [S.l.], v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009.
- ATZORI, L.; IERA, A.; MORABITO, G. The internet of things: a survey. **Computer networks**, [S.l.], v. 54, n. 15, p. 2787–2805, 2010.
- AYYAGARI, D.; FU, Y.; XU, J.; COLQUITT, N. Smart personal health manager: a sensor ban application: a demonstration. In: CONSUMER COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE, 2009. CCNC 2009. 6TH IEEE, 2009. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2009. p. 1–2.
- BEALE, T.; HEARD, S.; KALRA, D.; LLOYD, D. OpenEHR architecture overview. **The OpenEHR Foundation**, [S.l.], 2006.
- BEALE, T.; HEARD, S.; KALRA, D.; LLOYD, D.; SCHLOEFFEL, P. **Introducing openEHR**. Disponível em: <[http://www2.openehr.org/releases/1.0/openEHR/introducing\\_openEHR.pdf](http://www2.openehr.org/releases/1.0/openEHR/introducing_openEHR.pdf)>. Acesso em: mai. 2017.
- BERNERS-LEE, T.; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. **Scientific american**, [S.l.], v. 284, n. 5, p. 28–37, 2001.
- BERNSTEIN, A.; HENDLER, J.; NOY, N. A new look at the semantic web. **Communications of the ACM**, [S.l.], v. 59, n. 9, p. 35–37, 2016.
- BLAKE, M. B. An Internet of Things for Healthcare. **IEEE Internet Computing**, [S.l.], n. 4, p. 4–6, 2015.
- BROWN, I.; ADAMS, A. A. The ethical challenges of ubiquitous healthcare. **International Review of Information Ethics**, [S.l.], v. 8, n. 12, p. 53–60, 2007.
- BUCK, J.; GARDE, S.; KOHL, C. D.; KNAUP-GREGORI, P. Towards a comprehensive electronic patient record to support an innovative individual care concept for premature infants using the openEHR approach. **International journal of medical informatics**, [S.l.], v. 78, n. 8, p. 521–531, 2009.
- CHEN, B.; POMPILI, D. Transmission of patient vital signs using wireless body area networks. **Mobile Networks and Applications**, [S.l.], v. 16, n. 6, p. 663–682, 2011.
- CHEN, B.; VARKEY, J. P.; POMPILI, D.; LI, J.-J.; MARSIC, I. Patient Vital Signs Monitoring using Wireless Body Area Networks. In: BIOENGINEERING CONFERENCE, PROCEEDINGS OF THE 2010 IEEE 36TH ANNUAL NORTHEAST, 2010. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2010. p. 1–2.

CHRIST, M.; GROSSMANN, F.; WINTER, D.; BINGISSER, R.; PLATZ, E. Modern triage in the emergency department. **Deutsches Ärzteblatt international**, [S.l.], v. 107, n. 50, p. 892, 2010.

CHRISTENSEN, D.; JENSEN, N. M.; MAALØE, R.; RUDOLPH, S. S.; BELHAGE, B.; PERRILD, H. Nurse-administered early warning score system can be used for emergency department triage. **Dan Med Bull**, [S.l.], v. 58, n. 6, p. A4221, 2011.

CLAUDIO, D.; KREMER, G. E. O.; BRAVO-LLERENA, W.; FREIVALDS, A. A dynamic multi-attribute utility theory-based decision support system for patient prioritization in the emergency department. **III Transactions on Healthcare Systems Engineering**, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 1–15, 2014.

COSTA, C. A. d.; YAMIN, A. C.; GEYER, C. F. R. Toward a general software infrastructure for ubiquitous computing. **IEEE Pervasive Computing**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 64–73, 2008.

COX, P.; MADSEN, C.; RYAN, K. L.; CONVERTINO, V. A.; JOVANOVIĆ, E. Investigation of photoplethysmogram morphology for the detection of hypovolemic states. In: ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2008. EMBS 2008. 30TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 5486–5489.

DAY, A.; OLDROYD, C. The use of early warning scores in the emergency department. **Journal of Emergency Nursing**, [S.l.], v. 36, n. 2, p. 154–155, 2010.

DEY, A. K. Understanding and using context. **Personal and ubiquitous computing**, [S.l.], v. 5, n. 1, p. 4–7, 2001.

DOLIN, R. H.; ALSCHULER, L.; BOYER, S.; BEEBE, C.; BEHLEN, F. M.; BIRON, P. V.; SHVO, A. S. HL7 clinical document architecture, release 2. **Journal of the American Medical Informatics Association**, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 30–39, 2006.

ELLIOTT, M.; COVENTRY, A. Critical care: the eight vital signs of patient monitoring. **Br J Nurs**, [S.l.], v. 21, n. 10, p. 621–625, 2012.

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

ERL, T.; MERSON, P.; STOFFERS, R. **Service-oriented Architecture: analysis and design for services and microservices**. [S.l.]: Prentice Hall PTR, 2017.

FARION, K.; MICHALOWSKI, W.; WILK, S.; O'SULLIVAN, D. M.; RUBIN, S.; WEISS, D. Clinical decision support system for point of care use: ontology driven design and software implementation. **Methods of information in medicine**, [S.l.], v. 48, n. 4, p. 381–390, 2009.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, H.; CORREIA, J. H.; SIMÕES, R.; AFONSO, J. A. **Experimental evaluation of IEEE 802.15. 4/ZigBee for multi-patient ECG monitoring**. 2010. 184–191 p.

FLEMING, S.; TARASSENKO, L.; THOMPSON, M.; MANT, D. Non-invasive measurement of respiratory rate in children using the photoplethysmogram. In: ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY SOCIETY, 2008. EMBS 2008. 30TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE IEEE, 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 1886–1889.

FOLLIARD, K. **A measurement of the reliability and validity of the Manchester triage system in an Irish healthcare Centre.** [S.l.]: University College Dublin, Dublin, 2006.

GELOGO, Y. E.; KIM, H.-K. Unified Ubiquitous Healthcare System Architecture with Collaborative Model. **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering**, [S.l.], v. 8, n. 3, 2013.

GIKAS, J.; GRANT, M. M. Mobile computing devices in higher education: student perspectives on learning with cellphones, smartphones & social media. **The Internet and Higher Education**, [S.l.], v. 19, p. 18–26, 2013.

HEALTH, N. I. for; BRITAIN), C. E. G. **Acutely ill patients in hospital:** recognition of and response to acute illness in adults in hospital. [S.l.]: National Institute for Clinical Excellence, 2007.

HOGAN, H.; HEALEY, F.; NEALE, G.; THOMSON, R.; VINCENT, C.; BLACK, N. Preventable deaths due to problems in care in English acute hospitals: a retrospective case record review study. **BMJ quality & safety**, [S.l.], p. bmjqs–2012, 2012.

HUMANIZAÇÃO, B. M. da Saúde. Secretaria-Executiva. Núcleo Técnico da Política Nacional de. **HumanizaSUS - Acolhimento com avaliação e classificação de risco.** 1. ed. Brasília: Editora MS, 2004. 48 p.

JENTSCH, M.; RAMIREZ, L.; WOOD, L.; ELMASLLARI, E. The reconfiguration of triage by introduction of technology. In: HUMAN-COMPUTER INTERACTION WITH MOBILE DEVICES AND SERVICES, 15., 2013. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2013. p. 55–64.

JHA, N. K. Internet-of-Medical-Things. In: GREAT LAKES SYMPOSIUM ON VLSI 2017, 2017. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2017. p. 7–7.

JOBÉ, J.; GHUYSEN, A.; GÉRARD, P.; HARTSTEIN, G.; D'ORIO, V. Reliability and validity of a new French-language triage algorithm: the elisa scale. **Emergency Medicine Journal**, [S.l.], v. 31, n. 2, p. 115–120, 2014.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O. P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and software technology**, [S.l.], v. 51, n. 1, p. 7–15, 2009.

KO, J.; LIM, J. H.; CHEN, Y.; MUSVALOIU-E, R.; TERZIS, A.; MASSON, G. M.; GAO, T.; DESTLER, W.; SELAVO, L.; DUTTON, R. P. MEDiSN: medical emergency detection in sensor networks. **ACM Transactions on Embedded Computing Systems (TECS)**, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 11, 2010.

KUMARAN, S.; NSENGA, J. Design of a Multi-Priority Triage Chair for Crowded Remote Healthcare Centers in Sub-Saharan Africa. In: THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT SYSTEMS TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS, 2016. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p. 903–911.

KUO, Y.-H.; LEUNG, J. M.; TSOI, K. K.; MENG, H. M.; GRAHAM, C. A. Embracing Big Data for Simulation Modelling of Emergency Department Processes and Activities. In: BIG DATA (BIGDATA CONGRESS), 2015 IEEE INTERNATIONAL CONGRESS ON, 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p. 313–316.



- MACKWAY-JONES, K.; MARSDEN, J.; WINDLE, J. **Emergency triage**. 3. ed. [S.l.]: Blackwell Publishing, 2014. 191 p.
- MADAKAM, S. Internet of things: smart things. **International Journal of Future Computer and Communication**, [S.l.], v. 4, n. 4, p. 250, 2015.
- MARILZA PERNAS, A.; DIAZ, A.; MOTZ, R.; OLIVEIRA, J. Palazzo Moreira de. Enriching adaptation in e-learning systems through a situation-aware ontology network. **Interactive Technology and Smart Education**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 60–73, 2012.
- MCGUINNESS, D. L.; VAN HARMELEN, F. et al. OWL web ontology language overview. **W3C recommendation**, [S.l.], v. 10, n. 10, p. 2004, 2004.
- MEULEN, R. v. d.; FORNI, A. A. **Gartner Says Worldwide End-User Spending on Devices Will Grow 2 Percent in 2017, While Unit Shipments Remain Flat**. Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3669417>>. Acesso em: mai. 2017.
- MORGAN, R.; WILLIAMS, F.; WRIGHT, M. An early warning scoring system for detecting developing critical illness. **Clin Intensive Care**, [S.l.], v. 8, n. 2, p. 100, 1997.
- NG, J. K.-Y. Ubiquitous healthcare: healthcare systems and applications enabled by mobile and wireless technologies. **Journal of Convergence**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 31–36, 2012.
- NISWAR, M.; ILHAM, A. A.; PALANTEI, E.; SADJAD, R. S.; AHMAD, A.; SUYUTI, A.; MUSLIMIN, Z.; WARIS, T.; ADI, P. D. P. et al. Performance evaluation of ZigBee-based wireless sensor network for monitoring patients' pulse status. In: INFORMATION TECHNOLOGY AND ELECTRICAL ENGINEERING (ICITEE), 2013 INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2013. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2013.
- NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology development 101: a guide to creating your first ontology**. Technical Report SMI-2001-0880.
- OGBEIFUN, E.; MBOHWA, C.; PRETORIUS, J. Complementing a Delphi exercise with a focus group session. In: INDUSTRIAL ENGINEERING AND ENGINEERING MANAGEMENT (IEEM), 2016 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2016. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2016. p. 1269–1273.
- OKSALA, N.; VEKAOJA, A. **Device and Method for Determining a State of Consciousness**. US Patent App. 15/528,178.
- OPIO, M. O.; NANSUBUGA, G.; KELLETT, J. Validation of the VitalPAC™ Early Warning Score (ViEWS) in acutely ill medical patients attending a resource-poor hospital in sub-Saharan Africa. **Resuscitation**, [S.l.], v. 84, n. 6, p. 743–746, 2013.
- PADMANABHAN, N.; BURSTEIN, F.; CHURILOV, L.; WASSERTHEIL, J.; HORNBLLOWER, B.; PARKER, N. A mobile emergency triage decision support system evaluation. In: SYSTEM SCIENCES, 2006. HICSS'06. PROCEEDINGS OF THE 39TH ANNUAL HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2006. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2006. v. 5, p. 96b–96b.
- PIZZOL, S. J. S. d. Combinação de grupos focais e análise discriminante: um método para tipificação de sistemas de produção agropecuária. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, [S.l.], v. 42, n. 3, p. 451–468, 2004.

- QUAN, Z.; HAARSLEV, V. A Parallel Shared-Memory Architecture for OWL Ontology Classification. In: PARALLEL PROCESSING WORKSHOPS (ICPPW), 2017 46TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2017. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. p. 200–209.
- RAHMANI, A.-M.; THANIGAIVELAN, N. K.; GIA, T. N.; GRANADOS, J.; NEGASH, B.; LILJEBERG, P.; TENHUNEN, H. Smart e-health gateway: bringing intelligence to internet-of-things based ubiquitous healthcare systems. In: CONSUMER COMMUNICATIONS AND NETWORKING CONFERENCE (CCNC), 2015 12TH ANNUAL IEEE, 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015. p. 826–834.
- RAHMAT, M. H.; ANNAMALAI, M.; HALIM, S. A.; AHMAD, R. Agent-based modelling and simulation of emergency department re-triage. In: BUSINESS ENGINEERING AND INDUSTRIAL APPLICATIONS COLLOQUIUM (BEIAC), 2013 IEEE, 2013. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2013. p. 219–224.
- RIBONI, D.; PARESCHI, L.; RADAELLI, L.; BETTINI, C. Is ontology-based activity recognition really effective? In: PERVASIVE COMPUTING AND COMMUNICATIONS WORKSHOPS (PERCOM WORKSHOPS), 2011 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, 2011. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2011. p. 427–431.
- RITCHIE, J.; LEWIS, J.; NICHOLLS, C. M.; ORMSTON, R. et al. **Qualitative research practice: a guide for social science students and researchers.** [S.l.]: Sage, 2013.
- ROCHA, C. C. L. da; COSTA, C. A. da; ROSA RIGHI, R. da. Um modelo para monitoramento de sinais vitais do coração baseado em ciência da situação e computação ubíqua. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE COMPUTAÇÃO UBÍQUA E PERVASIVA, 2015. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2015.
- ROMERO-BRUFU, S.; HUDDLESTON, J. M.; NAESSENS, J. M.; JOHNSON, M. G.; HICKMAN, J.; MORLAN, B. W.; JENSEN, J. B.; CAPLES, S. M.; ELMER, J. L.; SCHMIDT, J. A. et al. Widely used track and trigger scores: are they ready for automation in practice? **Resuscitation**, [S.l.], v. 85, n. 4, p. 549–552, 2014.
- SALMAN, O. H.; RASID, M. F. A.; SARIPAN, M. I.; SUBRAMANIAM, S. K. Multi-sources data fusion framework for remote triage prioritization in telehealth. **Journal of medical systems**, [S.l.], v. 38, n. 9, p. 103, 2014.
- SALMON, P. M.; STANTON, N. A.; JENKINS, D. P. **Distributed situation awareness: theory, measurement and application to teamwork.** [S.l.]: CRC Press, 2017.
- SATYANARAYANAN, M. Mobile computing: the next decade. **ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review**, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 2–10, 2011.
- SAÚDE, B. M. da Saúde. Secretaria de Atenção à. **Política nacional de atenção às urgências.** 3. ed. Brasília: Editora MS, 2006. 246 p.
- SCHILIT, B.; ADAMS, N.; WANT, R. Context-aware computing applications. In: FIRST WORKSHOP ON MOBILE COMPUTING SYSTEMS AND APPLICATIONS, 1994. WMCSA 1994, 1994. **Anais...** [S.l.: s.n.], 1994. p. 85–90.
- SCHMIDT, T.; BECH, C. N.; BRABRAND, M.; WIIL, U. K.; LASSEN, A. Factors related to monitoring during admission of acute patients. **Journal of clinical monitoring and computing**, [S.l.], p. 1–9, 2016.

SKOLNIK, A. B.; CHAI, P. R.; DAMEFF, C.; GERKIN, R.; MONAS, J.; PADILLA-JONES, A.; CURRY, S. Teletoxicology: patient assessment using wearable audiovisual streaming technology. **Journal of Medical Toxicology**, [S.l.], v. 12, n. 4, p. 358–364, 2016.

SMITH, G. B.; PRYTHERCH, D. R.; SCHMIDT, P. E.; FEATHERSTONE, P. I. Review and performance evaluation of aggregate weighted ‘track and trigger’ systems. **Resuscitation**, [S.l.], v. 77, n. 2, p. 170–179, 2008.

SRAVANI, K.; KUMAR, P. S. Human Health Behavior Detection using Bio Sensors and Classification by Wearable Tags in Smart Spaces. **International Journal of Innovative Technologies**, [S.l.], v. 3, n. 6, 2015.

STANDARDIZED Technical Architecture Modeling. Disponível em: <[http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM\\_Standard.pdf](http://www.fmc-modeling.org/download/fmc-and-tam/SAP-TAM_Standard.pdf)>. Acesso em: 21 novembro 2014.

TAVARES, R. C. F.; VIEIRA, A. S.; UCHOA, L. V.; JÚNIOR, A. A. P.; MENESES, F. A. d. Validação de um escore de alerta precoce pré-admissão na unidade de terapia intensiva. **Revista Brasileira de Terapia Intensiva**, [S.l.], v. 20, n. 2, p. 124–127, 2010.

TING, S.; KWOK, S. K.; TSANG, A. H.; LEE, W. Critical elements and lessons learnt from the implementation of an RFID-enabled healthcare management system in a medical organization. **Journal of medical systems**, [S.l.], v. 35, n. 4, p. 657–669, 2011.

TRAD, L. A. B. Focal groups: concepts, procedures and reflections based on practical experiences of research works in the health area. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, [S.l.], v. 19, n. 3, p. 777–796, 2009.

WANG, D.; XIANG, Z.; FESENMAIER, D. R. Adapting to the mobile world: a model of smartphone use. **Annals of Tourism Research**, [S.l.], v. 48, p. 11–26, 2014.

WEISER, M. The computer for the 21st century. **Scientific american**, [S.l.], v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991.

WESTERGREN, H.; FERM, M.; HÄGGSTRÖM, P. First evaluation of the paediatric version of the Swedish rapid emergency triage and treatment system shows good reliability. **Acta Paediatrica**, [S.l.], v. 103, n. 3, p. 305–308, 2014.

WHAT is openEHR? Disponível em: <[http://www.openehr.org/what\\_is\\_openehr](http://www.openehr.org/what_is_openehr)>. Acesso em: mai. 2017.

WHO is using openEHR? Disponível em: <[http://www.openehr.org/who\\_is\\_using\\_openehr](http://www.openehr.org/who_is_using_openehr)>. Acesso em: mai. 2017.

WILLIAMS, B.; ALBERTI, G.; BALL, C.; BELL, D.; BINKS, R.; DURHAM, L. et al. **National early warning score (NEWS): standardising the assessment of acute-illness severity in the nhs.** 2012.

WOODS, V.; MEULEN, R. v. d. **Gartner Says Worldwide Wearable Devices Sales to Grow 18.4 Percent in 2016.** Disponível em: <<http://www.gartner.com/newsroom/id/3198018>>. Acesso em: mai. 2017.

WORSTER, A.; SARDO, A.; EVA, K.; FERNANDES, C.; UPADHYE, S. Triage tool inter-rater reliability: a comparison of live versus paper case scenarios. **Journal of emergency nursing**, [S.l.], v. 33, n. 4, p. 319–323, 2007.

WUNSCH, G.; COSTA, C. A. da; RIGHI, R. R. A Semantic-Based Model for Triage Patients in Emergency Departments. **Journal of medical systems**, [S.l.], v. 41, n. 4, p. 65, 2017.

WUNSCH, G.; COSTA, C. A. da; ROSA RIGHI, R. da. Um modelo ubíquo para retriagem de pacientes baseado na Internet das coisas. In: XXXVI CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO., 2017. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2017. p. 1176–1185.

WUNSCH, G.; COSTA, C. A. da; ROSA RIGHI, R. da. An Early Warning Semantic-based Model for Emergency Departments. In: INTERNATIONAL CONFERENCES ON WWW/INTERNET 2017 AND APPLIED COMPUTING 2017, 2017. **Proceedings...** [S.l.: s.n.], 2017. p. 15–22.

YILMAZ, T.; FOSTER, R.; HAO, Y. Detecting vital signs with wearable wireless sensors. **Sensors**, [S.l.], v. 10, n. 12, p. 10837–10862, 2010.

YU, W. D.; GUMMADIKAYALA, R.; MUDUMBI, S. A web-based wireless mobile system design of security and privacy framework for u-Healthcare. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON E-HEALTH NETWORKING, APPLICATIONS AND SERVICES, 2008. HEALTHCOM 2008, 10., 2008. **Anais...** [S.l.: s.n.], 2008. p. 96–101.