

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

David Kenned Ferreira Andrade Viana

**Quality of Health Service, otimizando uma solução IoT em saúde
com Diffserv e o protocolo EWS.**

Fortaleza – CE

13 de junho de 2019

David Kenned Ferreira Andrade Viana

Quality of Health Service, otimizando uma solução IoT em saúde com Diffserv e o protocolo EWS.

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência da Computação.

Linha de Pesquisa: Computação aplicada

Orientador: Antônio Mauro Barbosa de Oliveira

Coorientador: Antônio Wendell Oliveira Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação (PRPI)

Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC)

Fortaleza – CE

13 de junho de 2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

V614q Viana, David Kenned Ferreira Andrade.
Quality of Health Service, otimizando uma solução IoT em saúde com Diffserv e o protocolo EWS. /
David Kenned Ferreira Andrade Viana. - 2019.
86 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ciência da Computação, Campus
Fortaleza, 2019.

Orientação: Prof. Dr. Antônio Mauro Barbosa de Oliveira.

Coorientação: Prof. Dr. Antônio Wendell Oliveira.

1. IoT. 2. Diffserv. 3. EWS. 4. homecare. 5. quality of health service. I. Título.

CDD 004

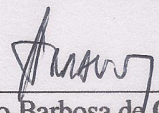
DAVID KENNED FERREIRA ANDRADE VIANA

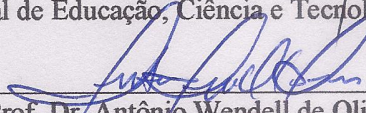
Quality of Health Service, otimizando uma solução IoT em saúde com Diffserv e o protocolo
EWS

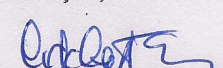
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração Ciência da Computação.

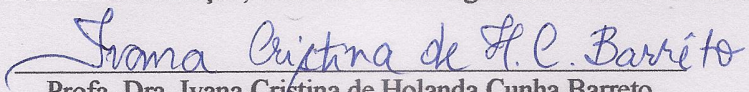
Aprovada em 31, 01, 2019

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Antonio Mauro Barbosa de Oliveira (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - PPGCC/IFCE


Prof. Dr. Antônio Wendell de Oliveira Rodrigues
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - PPGCC/IFCE


Prof. Dr. Cidcley Teixeira de Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - PPGCC/IFCE


Profa. Dra. Ivana Cristina de Holanda Cunha Barreto
Fiocruz

Este trabalho é dedicado à minha mãe Maria das Graças Ferreira Andrade Viana (in memorian), e ao meu pai David Luiz Andrade Viana (in memorian) que sempre me apoiaram nos desafios de minha jornada como filho e estudante. Dedico-o também com muito amor à minha esposa querida, Dra. Danielle Teixeira Queiroz, por sua ajuda, carinho, compreensão e amor, e ao meu filho Emanuel Queiroz Viana que motiva minha vida.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE, por promover a educação e a pesquisa no nosso país, especialmente no estado do Ceará;

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação do IFCE por guiarem tantos estudantes à pesquisa científica;

Aos meus familiares por me apoiarem e me ajudarem nessa jornada de aprender mais;

Aos professores Antônio Mauro Barbosa de Oliveira e Antônio Wendell Oliveira Rodrigues, por suas ajudas, esclarecimentos, orientações e acreditarem na minha capacidade;

Aos meus colegas e amigos de mestrado, que me ajudaram a estudar durante o período das disciplinas.

*“Talento é acertar um alvo que ninguém acerta. Genialidade é acertar um alvo que
ninguém vê.”*
(Arthur Schopenhauer)

Resumo

A Internet das Coisas (IoT) tem promovido extraordinárias transformações na sociedade. Na área da saúde, IoT não é uma exceção. Ao contrário, devido sua peculiaridade na interoperabilidade IoT tem se apresentado como uma excelente solução em diversos sistemas de saúde. Este trabalho, “Quality of Health Service (QhS)”, apresenta uma solução IoT para um ambiente de monitoramento de pacientes de saúde e propõe um mecanismo de otimização desta solução com os protocolos Diffserv e EWS. O QhS atende a demanda em cenários domiciliar e hospitalar fazendo a aquisição de sinais vitais dos pacientes. Em seguida, ele envia os dados coletados dos dispositivos IoT para uma nuvem (Cloud Computing) onde são processados, produzindo informações de monitoramento e alertas para dashboards para uma sala de situação. O QhS utiliza também um botão de atendimento ou de pânico; detecta uma eventual queda do paciente e registra o atendimento de membros da equipe de saúde através do próprio dispositivo utilizado pelo paciente. A solução implementa também um aplicativo móvel para a equipe de saúde específica ter acesso ao sistema para visualização e modificações das informações dos pacientes. Para prover o serviço de monitoramento e alertas para o paciente, este aplicativo pode utilizar um tensiômetro sem fio para aferir a pressão arterial. O QhS é um exemplo típico do uso da tecnologia IoT na área de saúde para auxiliar as equipes de urgência/emergência, familiares, e o próprio indivíduo. A análise de sinais vitais no QhS levou em consideração os paradigmas de rede e de serviços IoT, assim como o risco do paciente EWS. Tanto as análises quanto as simulações dos sinais vitais de indivíduos foram realizadas com a base de dados Physionet MIMIC-II. A principal contribuição desta pesquisa é a combinação dos protocolos Diffserv e EWS na otimização do tráfego de dados no sistema informações de monitoramento e alertas, o que resulta também na economia de energia, parâmetro ainda vital nos dispositivos IoT. Outro aspecto relevante no QhS é a comparação de duas abordagens diferentes do uso do protocolo EWS na definição do risco do usuário. A solução proposta possibilitou priorizar o atendimento aos pacientes mais graves e desligar o sistema quando se encontra inativo na transmissão de informação. Esta prioridade no atendimento aos pacientes pelo sistema EWS é reforçada no nível de transmissão de dados pela tecnologia Diffserv, privilegiando o tráfego dos dados classificados pelos sistema EWS na rede. Esta pesquisa teve como motivação inicial uma demanda real de dois hospitais, um público e outro privado. Ele se insere no contexto do LARIISA, um projeto que gerou um produto (GISSA, Finep) e um protótipo (NextSAÚDE, Funcap), e faz parte de um MVP de uma startup na área de saúde.

Palavras-chave: IoT, Diffserv, EWS, homecare, quality of health service, otimização.

Abstract

The Internet of Things (IoT) has promoted extraordinary transformations in society. In the area of health, IoT is no exception. On the contrary, due to its peculiarity in interoperability IoT has presented itself as an excellent solution in several health systems. This work, "Quality of Health Service (QhS)", presents an IoT solution for a health patient monitoring environment and proposes an optimization mechanism for this solution with the Diffserv and EWS protocols. QhS meets the demand in home and hospital scenarios by acquiring vital signs of patients. Then, it sends the data collected from the IoT devices to a cloud where they are processed, producing monitoring information and alerts for dashboards to a situation room. QhS also uses a call or panic button; detects an eventual fall of the patient and records the care of members of the health team through the device used by the patient. This solution also implements a mobile application for the specific healthcare team to have access to the system for viewing and modifying patient information. To provide the monitoring service and patient alerts, this application can use a wireless blood pressure monitor to measure blood pressure. QhS is a typical example of the use of IoT technology in the health area to assist emergency/family, emergency and emergency personnel. The analysis of vital signs in QhS took into consideration the network paradigms and IoT services, as well as the risk of the EWS patient. Both analyzes and simulations of vital signs of individuals were performed using the Physionet MIMIC-II database. The main contribution of this research is the combination of the Diffserv and EWS protocols in the optimization of data traffic in the system monitoring information and alerts, which also results in the energy saving, parameter still vital in IoT devices. Another relevant aspect in the QhS is the comparison, between two different approaches of the use of the EWS protocol in the definition of the risk of the user. The proposed solution made it possible to prioritize the care of the most serious patients and to shut down the system when it is inactive in the transmission of information. This priority in patient care by the EWS system is reinforced at the level of data transmission by the Diffserv technology, privileging the traffic of the data classified by the EWS system in the network. This research had as an initial motivation a real demand of two hospitals, a public one and another private one. It fits into the context of LARIISA, a project that generated a product (GISSA, Finep) and a prototype (NextSAÚDE, Funcap), and is part of an MVP of a startup in healthcare.

Keywords: IoT, Diffserv, EWS, homecare, quality of health service, optimization.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Aplicação do LARIISA (ambiente domiciliar) - Adaptado de (GARDINI; ANDRADE; OLIVEIRA, apud LOPES, 2017).	21
Figura 2 – Visão do QhS inserida no LARIISA	22
Figura 3 – Recursos em blocos dos componentes de hardware IoT(Estado da arte) - adaptado de (RAY, 2016).	23
Figura 4 – Computação em nuvem - adaptado de (SKALA et al., 2015).	24
Figura 5 – Computação em névoa - adaptado de (SKALA et al., 2015).	24
Figura 6 – Computação orvalhada - adaptado de (WANG, 2015a).	25
Figura 7 – Representação do Diffserv - adaptado de (RUELA, 2009).	27
Figura 8 – Cabeçalho IP - Adaptado de (RUELA, 2009).	28
Figura 9 – Lista dos trabalhos relacionados e das funcionalidades observadas.	33
Figura 10 – Visão da arquitetura da solução.	34
Figura 11 – O protótipo.	35
Figura 12 – O tensiômetro fornecido pela unidade hospitalar.	36
Figura 13 – Aplicação para interagir com o tensiômetro.	36
Figura 14 – Aplicação móvel - VITE.	37
Figura 15 – Software WEB.	38
Figura 16 – Diagrama de blocos do protótipo.	39
Figura 17 – Mudança do campo DSCP do cabeçalho IP em micropython.	40
Figura 18 – Função deep-sleep utilizada no protótipo em micropython.	40
Figura 19 – Alarmes non-ECG de (physionet, 2016).	43
Figura 20 – Alarmes ECG de (physionet, 2016).	44
Figura 21 – Paciente 1 - limiar x dados brutos	46
Figura 22 – Paciente 2 - limiar x dados brutos	46
Figura 23 – Paciente 3 - limiar x dados brutos	47
Figura 24 – Paciente 4 - limiar x dados brutos	47
Figura 25 – Diagrama de fluxo do protocolo EWS, adaptado de (AVARD et al., 2011).	48
Figura 26 – Paciente 1 - fluxo x limiar x dados brutos	48
Figura 27 – Paciente 2 - fluxo x limiar x dados brutos	49
Figura 28 – Paciente 3 - fluxo x limiar x dados brutos	49
Figura 29 – Paciente 4 - fluxo x limiar x dados brutos	50
Figura 30 – Paciente 1 - Dados brutos	50
Figura 31 – Paciente 1 - Sinais do algoritmo limiar	51
Figura 32 – Paciente 1 - Sinais do algoritmo fluxo	51
Figura 33 – Paciente 2 - Dados brutos	52
Figura 34 – Paciente 2 - Sinais do algoritmo limiar	52

Figura 35 – Paciente 2 - Sinais do algoritmo fluxo	53
Figura 36 – Resultados dos algoritmos de fluxo e limiar	53
Figura 37 – Resultado da transmissão de dados a cada 15 segundos através do kit nodemcu ESP8266 em modo sleep	54
Figura 38 – Resultado da transmissão de dados a cada 15 segundos através do kit nodemcu ESP8266 em modo deep-sleep	54
Figura 39 – Pacientes 1 ao 6	63
Figura 40 – Pacientes 7 ao 12	64
Figura 41 – Pacientes 13 ao 18	65
Figura 42 – Pacientes 19 ao 24	66
Figura 43 – Pacientes 24 ao 30	67
Figura 44 – Pacientes 31 ao 36	68
Figura 45 – Pacientes 1, 2, 5 e 6	69
Figura 46 – Pacientes 7 ao 12	70
Figura 47 – Pacientes 13 ao 18	71
Figura 48 – Pacientes 19 ao 24	72
Figura 49 – Pacientes 24 ao 30	73
Figura 50 – Pacientes 32 ao 36	74
Figura 51 – Pacientes 1, 2, 5 e 6	75
Figura 52 – Pacientes 7 ao 12	76
Figura 53 – Pacientes 13 ao 18	77
Figura 54 – Pacientes 19 ao 24	78
Figura 55 – Pacientes 24 ao 30	79
Figura 56 – Pacientes 32 ao 36	80
Figura 57 – Pacientes 1, 2, 5 e 6	81
Figura 58 – Pacientes 7 ao 12	82
Figura 59 – Pacientes 13 ao 18	83
Figura 60 – Pacientes 19 ao 24	84
Figura 61 – Pacientes 24 ao 30	85
Figura 62 – Pacientes 32 ao 36	86

Lista de tabelas

Tabela 1 – Escala de risco EWS/ViEWS - Adaptado de (AVARD et al., 2011). . .	26
Tabela 2 – Pontuação e períodos de EWS - Adaptado de (AVARD et al., 2011). .	26
Tabela 3 – Resultados da aquisição de 3 pacientes. HR (Heart rate - Frequência cardíaca).	41
Tabela 4 – Resultados de testes da solicitação e do momento de confirmação do atendimento.	41
Tabela 5 – Períodos de EWS - Adaptado de (AVARD et al., 2011).	45

Lista de abreviaturas e siglas

AD	Analogic digital
DiffServ	Differentiated Services
DSCP	DiffServ Code Point
ECN	Explicit Congestion Notification
eMEWS	Eletronic Early Warning Score
EWS	Early Warning Score
FPGA	Field Programmable Gate Array
IoT	Internet of Things
MEWS	Modified Early Warning Score
OMS	Organização Mundial de Saúde
PHB	Per Hop Behavior
QhS	Quality of Health Service
QoS	Quality of Service
Restful	Representational State Transfer
SLA	Service Level Agreement
SPS	Single Parameter Scoring
SOA	Service-Oriented Architecture
SOAP	Simple Object Access Protocol
SpO2	Peripheral Oxygen Saturation
WHO	World Health Organization

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	20
2.1	Objetivo geral	20
2.2	Objetivos específicos	20
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
3.1	LARIISA	21
3.2	Internet das Coisas	22
3.2.1	Componentes de hardware	23
3.2.2	O volume de dispositivos e de dados	23
3.2.3	Nuvem, névoa e orvalho	24
3.2.3.1	Computação em nuvem	24
3.2.3.2	Computação em névoa	24
3.2.3.3	Computação orvalhada	25
3.2.3.4	Interoperabilidade e flexibilidade	25
3.3	Alerta de pontuação precoce	26
3.3.1	EWS	26
3.4	Diffserv	27
4	TRABALHOS RELACIONADOS	29
5	SOLUÇÃO PROPOSTA	34
5.1	A visão da arquitetura de serviços	34
5.2	Desenvolvimento	35
5.2.1	PROTÓTIPO e DISPOSITIVOS MÓVEIS	35
5.2.2	O tensiômetro	36
5.2.3	A aplicação móvel e a aplicação na nuvem	36
5.2.4	O hardware	37
5.2.5	O firmware	39
5.3	Teste de sensores e atendimento	41
6	SIMULAÇÕES E RESULTADOS	43
6.1	O conjunto de dados	43
6.2	Resultados obtidos	44
6.2.1	Parte 1	44
6.2.1.1	Algoritmo 01: Limiar do protocolo EWS	44

6.2.1.2	Algoritmo 02: Fluxo do protocolo EWS	45
6.2.2	Parte 2	48
6.2.2.1	Comparação das análises de riscos - Fluxo x Limiar x Dados brutos	48
6.3	Corrente e transmissão	54
7	CONCLUSÃO	56
	REFERÊNCIAS	59
	ANEXO A – RESULTADOS - FREQUÊNCIAS - COMPLETOS, LIM- MIAR E FLUXO	63
	ANEXO B – RESULTADOS	69
B.1	I - Dados completos usando EWS	69
B.2	II - Aplicação do algoritmo de limiar EWS	75
B.3	III - Algoritmo de fluxo EWS	81

1 Introdução

Para a Tecnologia da Informação (TI), os conceitos e pesquisas de 30 anos atrás de Mark Weiser sobre ubiquidade, casa inteligente, computação pervasiva e mobilidade hoje são realidade. A sociedade percebe os benefícios desses avanços tecnológicos. Contudo, segundo Weiser, uma casa inteligente na década de 80, não é mais inteligente que uma casa do século XIX, onde em cada cômodo havia um livro. Weiser afirmava que a computação ubíqua deveria existir para conectar as pessoas e ajudá-las a melhorar o mundo em que vivem. Ao abordar indiretamente o conceito da pirâmide do conhecimento (ROWLEY, 2007) ele fala que ao transformar dados em informações, as quais seriam transformadas em conhecimentos, estes por fim, levariam então à sabedoria, e esta, deveria resultar na ação objetiva da sociedade para ajudar a si e solucionar seus problemas (WEISER, 1991; WEISER, 1993; WEISER, 1996).

A popularização da Internet e dos dispositivos de TI avançou ao ponto em que o número de dispositivos conectados à Internet superou o número de pessoas que vivem no planeta, e desta forma, nos dias atuais, a tecnologia permite a comunicação entre: Pessoas e pessoas, pessoas e coisas, e entre coisas e coisas, (KRISHNA; GNANASEKARAN, 2017; EVANS, 2011).

Além do grande número de dispositivos conectados o grande volume de dados disponível na Internet em números de sites surpreende. Atualmente são mais de 1 trilhão de sites disponíveis. Esse volume de dados está sendo utilizado no paradigma da web semântica. Este paradigma utiliza e organiza os dados na web, dando significado em relação ao contexto dos dados. É mais uma revolução da era da informação. Além disso, informações podem ser extraídas, aprendidas, gerando conhecimento a partir das análises dessa imensidão de dados. De acordo com (SERGEY; NIKOLAY; SERGEY, 2017), a tecnologia da informação, mais precisamente, a Internet das Coisas (do inglês, Internet of Things - IoT) é a tecnologia que dará suporte a esse tráfego de dados, e a maneira como este novo paradigma está sendo organizado, poderá revolucionar a forma como conhecemos as indústrias, destacando-se de forma enfática a da saúde e de TI por conta das várias características do IoT como: interoperabilidade, flexibilidade e mobilidade.

O destaque da tecnologia IoT na indústria da saúde citado anteriormente, se dá pelo uso de vários tipos de dispositivos sensores e aplicações para monitorar o estado das pessoas. Por conta das seguintes preocupações anunciadas pela comunidade científica, em 2014, a Organização Mundial da Saúde (OMS, do inglês WHO - World Health Organization): o envelhecimento da população, as doenças não transmissíveis como câncer, diabetes, doenças cardiovasculares, respiratórias e as doenças crônicas que serão um desafio para o

desenvolvimento da saúde no século XXI. Inclusive, estas enfermidades e o fato de que em poucos anos, até 2025, 15% da população mundial será de pessoas idosas (maiores de 60 anos) as quais estão mais sujeitas a essas doenças.

No Brasil, não diferente do cenário mundial, a população brasileira também está envelhecendo seguindo o mesmo ritmo global, logo, também, em 2025 o Brasil terá cerca de 15% da população com mais de 60 anos (GONÇALVES et al., 2006). De certo, percebe-se que é necessário um esforço para amenizar estes problemas por serem desafios já anunciados pela comunidade científica.

Uma outra preocupação de saúde e que o Ministério da Saúde do Brasil detalha, é que as unidades hospitalares de urgência e emergência devem priorizar o atendimento dos usuários, ao dar entrada na unidade, de acordo com uma classificação de risco, identificando-os segundo o grau de sofrimento ou deterioração à saúde e risco de morte (BRASIL, 2014).

Em BRASIL (2002) foi identificado uma sobrecarga do serviço de urgência/emergência que ocasionava a oferta de um serviço sem qualidade e que colocava em risco a vida das pessoas. Pois o atendimento prioritário era realizado por ordem de chegada e não de acordo com uma análise de risco do paciente. Assim, em 2004, o Ministério da Saúde determina o uso da classificação de risco no acolhimento dos pacientes, na tentativa de humanizar e definir uma ordem de prioridade para os que buscam o serviço de saúde de urgência e emergência Mendes (2017).

Também em BRASIL (2014) são definidos os conceitos de acordo com a portaria número 354, de 2014:

- Emergência: “constatação médica de condições de agravo à saúde que impliquem sofrimento intenso ou risco iminente de morte, exigindo portanto, tratamento médico imediato” (BRASIL, 2014).
- Urgência: “ocorrência imprevista de agravo à saúde com ou sem risco potencial à vida, cujo portador necessita de assistência médica imediata” (BRASIL, 2014).

Diante das preocupações de saúde já citadas e das características do IoT, este trabalho apresenta o “Quality of Health Service (QhS), otimizando uma solução IoT com Diffserv e o protocolo EWS”. Trata-se de um ambiente de monitoramento de pacientes de saúde e propõe um mecanismo de otimização desta solução com os protocolos Diffserv (serviço diferenciado, do inglês, Differentiated Services) e EWS (Alerta de Pontuação Precoce, do inglês, Early Warning Score - EWS). O QhS atende a demanda em cenários domiciliar e hospitalar fazendo a aquisição de sinais vitais dos pacientes. Em seguida, ele envia os dados coletados dos dispositivos IoT para um ambiente em cloud computing (computação em nuvem) onde são processados, produzindo informações de monitoramento e alertas para dashboards para um ambiente de monitoramento. O QhS utiliza também um botão de

atendimento ou de pânico; detecta uma eventual queda do paciente e registra o atendimento de membros da equipe de saúde através do próprio dispositivo utilizado pelo paciente. A solução implementa também um aplicativo móvel para a equipe de saúde específica ter acesso ao sistema para visualização e modificações das informações dos pacientes. Para prover o serviço de monitoramento e alertas para o paciente, este aplicativo pode utilizar um tensiômetro sem fio para aferir a pressão arterial. O cenário escolhido foi o de um hospital público ou privado, onde se deseja classificar os pacientes que chegam e monitorá-los em suas funções vitais para um melhor atendimento, em especial para socorrê-los em situações de emergência. As seguintes funcionalidades e requisitos foram considerados:

1. Criação de um dispositivo para a aquisição dos sinais vitais dos pacientes, detecção de queda do paciente e um botão de atendimento ou de pânico. Utilização de um tensiômetro sem fio, fornecido pelo hospital, através do aplicativo móvel, para aferir o sinal de pressão arterial;
2. Envio dos dados coletados por dispositivo sensores para uma sala com um dashboard e outros dispositivos de monitoramento;
3. Registro de atendimento de membros da equipe de saúde através do dispositivo utilizado pelo paciente;
4. Aplicativo móvel para a equipe de saúde ter acesso de visualização e modificação às informações dos pacientes;
5. Provimento do serviço de monitoramento e alertas para o paciente ou familiares em seu ambiente domiciliar.

Para implementar estas funcionalidades e atender estes requisitos, importantes questionamentos surgiram por conta das tecnologias, dos conceitos que seriam utilizados, dos protocolos de atendimento e da legislação anteriormente mencionada:

- Quais tecnologias serão adotadas para prover este cenário?
- Como determinar a prioridade de atendimento dos pacientes que chegam na unidade através dos dispositivos?
- Como garantir que pacientes com um risco mais elevado tivessem prioridade na transmissão de seus dados?
- Como garantir que os serviços oferecidos funcionem mesmo com o paciente em atendimento domiciliar?

Uma das tecnologias adotadas para esta solução é a tecnologia IoT, a qual, de acordo com o trabalho de Ray (2016), aborda o estado da arte dessa tecnologia, sumariza

várias arquiteturas e domínios através de uma revisão sistemática. A tecnologia IoT tem várias características que podem viabilizar a construção e o desenvolvimento de soluções com as seguintes características: interoperabilidade, mobilidade, flexibilidade, ubiquidade, segurança e etc. Outra importante tecnologia a ser utilizada no cenário é computação em nuvem. Através da internet, ela servirá como meio à infraestrutura de serviços, aos dispositivos e aos profissionais envolvidos nesta solução. Pode-se utilizar serviços na nuvem que proverão soluções como: backup, armazenamento, redundância de aplicações, segurança, mobilidade, interoperabilidade e flexibilidade. Esta tecnologia também responde a última pergunta acima, pois a infraestrutura de serviços na nuvem será utilizada pelos atores envolvidos, estejam eles em domicílio ou no hospital. Para determinar a prioridade de atendimento dos usuários, deve-se adotar uma escala de risco, como utilizado pelo Ministério da Saúde (MENDES, 2017). A escala de risco EWS (Pontuação de Alerta Precoce, do inglês, Early Warning Score) pode ser utilizada para determinar o grau de risco do usuário. A partir desta escala pode-se determinar os riscos de cada paciente e apresentar no dashboard na sala de monitoramento gerando os alertas. A questão da prioridade de dados na internet pode ser definida utilizando-se o DiffServ (Serviços diferenciados). É um protocolo suportado pela infraestrutura de rede atual, sendo uma abordagem clássica e de fácil implementação na programação de dispositivos IoT. Com o uso do DiffServ é possível marcar os pacotes/dados dos usuários de forma diferenciada dando prioridade aos usuários que precisam ter seus dados enviados com diferentes níveis de prioridade. Para utilizar os parâmetros dos pacientes e gerar um conjunto de dados que possa ser estudado na tentativa de descobrir padrões de doenças, seja para prevenção ou para previsão de diagnósticos foi pensando no uso da tecnologia IoT, contudo, cabe neste trabalho criar o meio para atender os requisitos, e não realizar o estudo sobre os padrões. Assim, a solução desenvolvida e proposta neste trabalho é composta por:

- Dispositivo eletrônico sem fio utilizando o paradigma IoT-Dew, capaz detectar a queda do paciente e de se comunicar via internet, provido de sensores de sinais vitais: temperatura, batimentos cardíacos, saturação de oxigênio e pressão arterial. Ele calcula o risco do paciente e envia os dados utilizando uma abordagem de QoS na rede, no caso, o DiffServ, para dar prioridades diferentes aos dados de acordo com o nível de risco calculado;
- Alerta de queda do paciente enviado com alta prioridade utilizando DiffServ;
- Uma aplicação na nuvem com dashboard que recebe os dados e apresenta o risco do paciente de acordo a pontuação de alerta precoce (EWS). Esta aplicação atua também quando o paciente faz o chamado ao pressionar o botão de pânico e cria um registro quando o técnico de enfermagem ou outro membro da equipe de saúde realizar visita/atendimento ao paciente;
- Um aplicativo que acesse e edite os dados/informações dos pacientes;
- Toda infraestrutura na nuvem para dar viabilidade ao uso em um ambiente

domiciliar.

O QhS é um exemplo típico do uso da tecnologia IoT na área de saúde para auxiliar as equipes de urgência/emergência, familiares, e o próprio indivíduo. A análise de sinais vitais no QhS levou em consideração os paradigmas de rede e de serviços IoT, assim como o risco do paciente EWS. Tanto as análises quanto as simulações dos sinais vitais de indivíduos foram realizadas com a base de dados Physionet MIMIC-II.

Este trabalho tem sua motivação inicial na demanda de dois hospitais, um privado e outro público. Associado a estas demandas, o LAR - Laboratório de Redes e Sistemas do IFCE Aracati, ao qual este trabalho está vinculado, já havia o LARIISA, uma plataforma de gestão inteligente de sistemas de saúde, resultado de dois estágios de pós-doutorado no Canadá (BRAGA et al., 2015; OLIVEIRA et al.,), em 2009. Uma das abordagens do LARIISA era contexto (contexto-aware concept), um precursor da tecnologia IoT. O LARIISA gerou um produto desenvolvido pelo Instituto Atlântico denominado GISSA – Gestão Inteligente em Sistemas de Saúde, financiado pela Finep, e um protótipo desenvolvido no Laboratório de Redes e Sistemas (LAR) do IFCE, Campus Aracati denominado NextSAÚDE, que teve o suporte da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ceará – FUNCAP. Tanto o GISSA quanto o NextSAUDE fazem parte de um MVP em desenvolvimento por uma startup na área de saúde.

Este trabalho é uma extensão do projeto LARIISA, mais precisamente, motivado e guiado pelo NextSAÚDE, abordando um conjunto de ferramentas requeridas pelos hospitais público e privado, como antes mencionado, sendo compatível com dezenas de trabalhos científicos e protótipos implementados no LAR. A proposta dos 2 hospitais era monitorar o paciente para melhorar a qualidade de atendimento.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

- Propor e implementar um novo conceito, denominado Quality of Health Service (QhS), baseado em uma solução IoT, otimizada com os protocolos DiffServ e EWS para a priorização de dados e mitigação dos recursos de rede e de energia.

2.2 Objetivos específicos

- Definição de um ambiente e cenários associados que contemplem o atendimento do paciente no contexto dos ambientes domiciliar e hospitalar;
- Estabelecimento de um sistema de priorização de dados para privilegiar casos mais graves de saúde utilizando o protocolo EWS;
- Desenvolvimento de uma solução para diminuição do tráfego de dados (EWS), priorizando os dados (Diffserv) e economizando energia;
- Demonstração da viabilidade do uso de sensores de temperatura, batimentos e o oxímetro na solução proposta.

3 Fundamentação Teórica

Neste capítulo é apresentada a fundamentação teórica necessária para o QhS. Serão apresentados os conceitos e pesquisas relevantes para este trabalho tais como: o projeto LARIISA, a tecnologia IoT e os protocolos Diffserv e EWS.

3.1 LARIISA

O projeto LARIISA é a proposta de uma arquitetura para tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde. Foram abordados e descritos cinco domínios de inteligência para promoção de saúde: gestão do conhecimento, normativo, clínico-epidemiológico, técnico-administrativo, gestão do conhecimento e gestão compartilhada. Para implementar o LARIISA utilizando os 5 domínios são necessários 4 componentes para tomada de decisão: (1) desenvolvimento de aplicações de tomada de decisão, (2) mecanismos de inferência, (3) informação coletada em tempo real e (4) conhecimento em saúde. Estes componentes convergem para criar o framework LARIISA (OLIVEIRA et al.,).

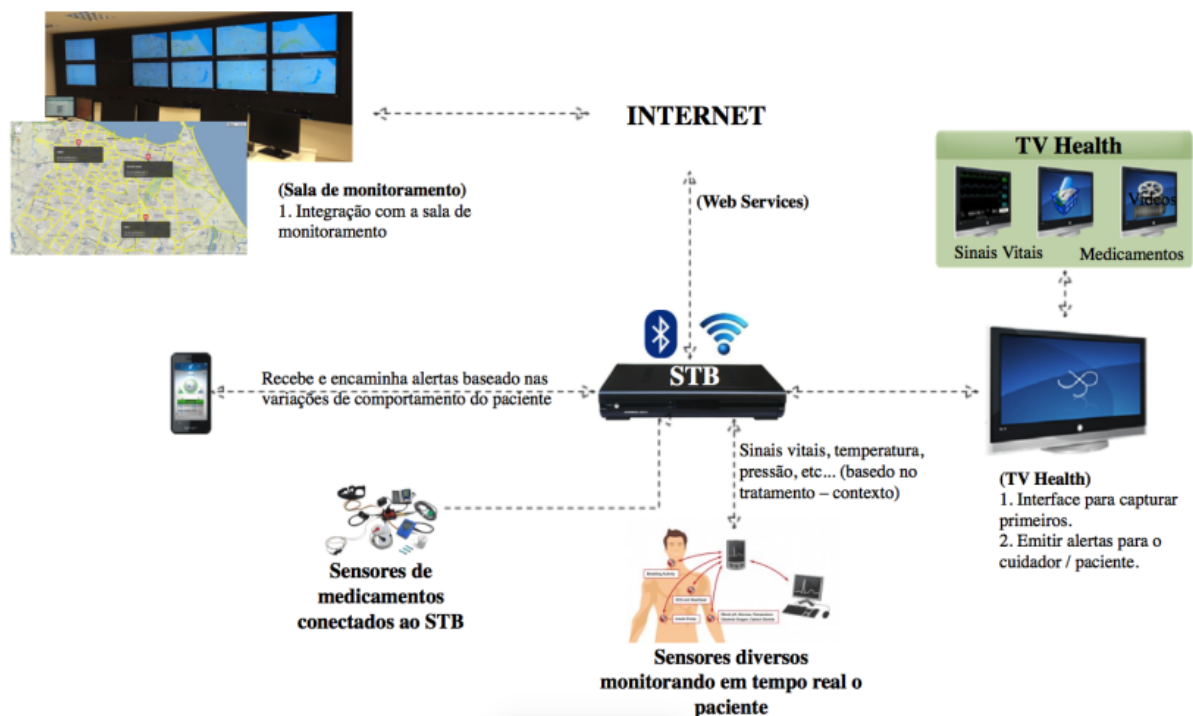


Figura 1 – Aplicação do LARIISA (ambiente domiciliar) - Adaptado de (GARDINI; ANDRADE; OLIVEIRA, apud LOPES, 2017).

A Figura 1 apresenta uma aplicação específica do LARIISA no ambiente domiciliar. É uma visão geral desta aplicação abordando: aquisição de sinais vitais do paciente

em tempo real através de sensores; em seguida, o envio destes sinais para o STB, o qual processa e envia informações para uma sala de monitoramento e para algumas aplicações (Web, aplicações móveis e para a TV). Por este trabalho está inserido no contexto de pesquisa do LARIISA/NextSAÚDE, é natural prever uma fácil integração, flexibilidade e interoperabilidade de dispositivos IoT na evolução do projeto NextSAÚDE. E a partir de uma análise preliminar, é razoável a utilização de outro dispositivo IoT no lugar do STB que desempenhe funções muito semelhantes.

Além desta substituição, a arquitetura proposta pelo projeto LARIISA tem desenvolvido aplicações para saúde coletiva que vão da saúde da família ao planejamento e gestão em saúde pública. Assim, a visão nos ambientes apresentados neste trabalho, e as aplicações, têm organização, motivação e referências pesquisadas diretamente do LARIISA como: computação em nuvem, interoperabilidade de aplicações e dispositivos, sala de situação, monitoramento domiciliar, aplicações distribuídas para saúde (alertas, monitoramento e aferição).

A Figura 2 apresenta este trabalho como uma extensão do LARIISA. A visão de como ele está inserido no projeto, sendo uma alternativa viável e aplicada ao desenvolvimento da saúde ao lado do NextSAÚDE.

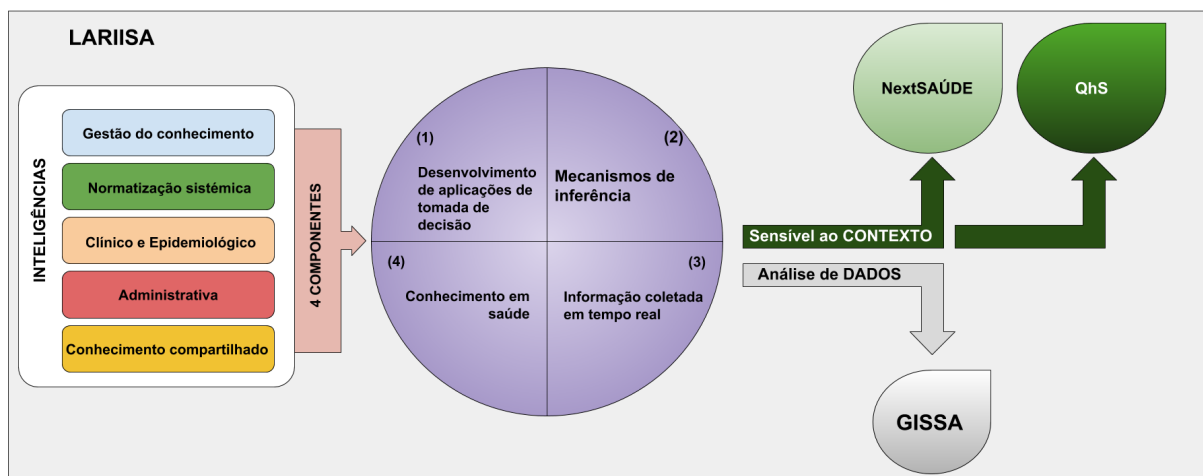


Figura 2 – Visão do QhS inserida no LARIISA

3.2 Internet das Coisas

Desde os primeiros conceitos de computação ubíqua, Mark Weiser previu que essa tecnologia poderia estar em qualquer lugar, tão inserida no dia-a-dia das pessoas que elas não perceberiam que a estavam utilizando. Neste sentido, dispositivos conectados auxiliando na comunicação, na integração de sistemas, com maior poder de processamento, com baterias duradouras estavam sendo pensados e discutidos na academia. Alguns autores consideram IoT um termo recente. Contudo, somente a partir da popularização dos

dispositivos com as características anteriormente mencionadas é que IoT passa a ser entendido e pesquisado como um novo paradigma tecnológico (KEVIN, 2010; LYYTINEN; YOO, 2002).

3.2.1 Componentes de hardware

Um sistema IoT pode ser utilizado em inúmeras áreas. Esta adaptação do IoT deve-se aos recursos de componentes de hardware que podem ser explorados e utilizados. A Figura 3 exemplifica estes recursos em blocos dos componentes de hardware (RAY, 2016).

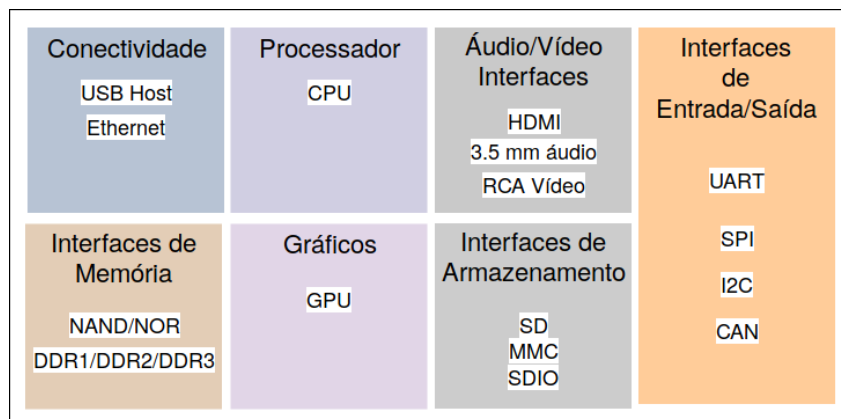


Figura 3 – Recursos em blocos dos componentes de hardware IoT(Estado da arte) - adaptado de (RAY, 2016).

3.2.2 O volume de dispositivos e de dados

Segundo (XU; HE; LI, 2014) e (GIL et al., 2016), IoT é uma tecnologia que pode modificar a forma como conhecemos a indústria, pode ser aplicada em diversas áreas e ajudar a resolver vários problemas. (RAY; MILANO; GANZ, 2013) mostra que as tecnologias de saúde móvel utilizando dispositivos conectados à internet podem modificar a intervenção clínica, especialmente no cuidado de idosos com doenças crônicas e no monitoramento de doenças não transmissíveis, como câncer, diabetes, doenças cardiovasculares e respiratórias.

Para reforçar o quanto esta tecnologia tornou-se importante, alguns pesquisadores mostram que de 2002 até 2008 o número de pessoas conectadas superou o de dispositivos. Contudo, a partir de 2008 o número de dispositivos conectados à internet superou o número de pessoas e a partir de então as previsões são de que até 2020 haverá mais de 40 bilhões de dispositivos conectados, (KRISHNA; GNANASEKARAN, 2017; EVANS, 2011).

Diante do grande volume de dispositivos conectados, fica evidente que IoT não é caracterizado apenas pelo número de dispositivos conectados, mas também pelo grande fluxo de dados que podem ser analisados oferecendo novas perspectivas de pesquisa e estudos (GIL et al., 2016). Este volume de dados pode ser explorado de acordo com 3 paradigmas IoT: computação orvalhada, computação em névoa e computação em nuvem.

3.2.3 Nuvem, névoa e orvalho

3.2.3.1 Computação em nuvem

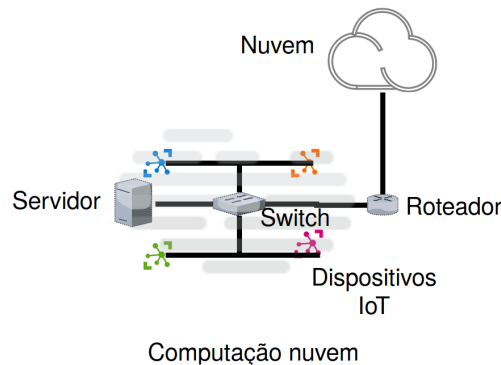


Figura 4 – Computação em nuvem - adaptado de (SKALA et al., 2015).

Nesse paradigma os dispositivos se comunicam com a nuvem aproveitando-se de três possibilidades: **(a)** a infraestrutura como um serviço (do inglês, infrastructure as a service - IaaS); **(b)** a plataforma como um serviço (do inglês, platform as a service - PaaS); **(c)** o software como um serviço (do inglês, software as a service - SaaS). Neste sentido os usuários finais não precisam instalar softwares para utilizar os serviços da nuvem. De acordo com o volume de dados anteriormente mencionados e o tipo de serviço fornecido, existe restrições de largura de banda, tempos imprevisíveis de resposta, dependência de infraestrutura de serviços de internet (CERINA et al., 2017), (SKALA et al., 2015) e (WANG, 2015a). Mesmo assim os dados podem ser aproveitados para oferecê-los como um serviço: **(d)** dados como um serviço (do inglês, data as a service - DaaS) (GIL et al., 2016).

3.2.3.2 Computação em névoa

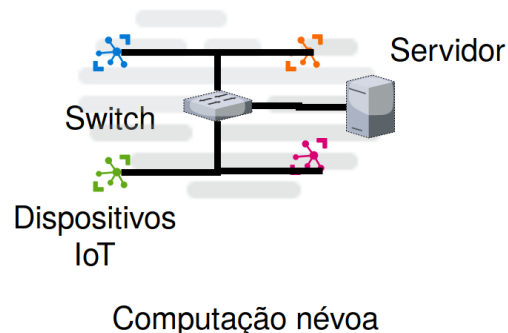


Figura 5 – Computação em névoa - adaptado de (SKALA et al., 2015).

Na computação em névoa (do inglês, Fog Computing) os dispositivos geram tráfego de dados na borda da rede, assim as informações têm um ciclo de vida mais intenso localmente, o que complementa a computação em nuvem pois distribui recursos de processamento, armazenamento, pode diminuir os tempos de respostas e até temporariamente virtualizar a nuvem (CERINA et al., 2017) e (SKALA et al., 2015).

3.2.3.3 Computação orvalhada

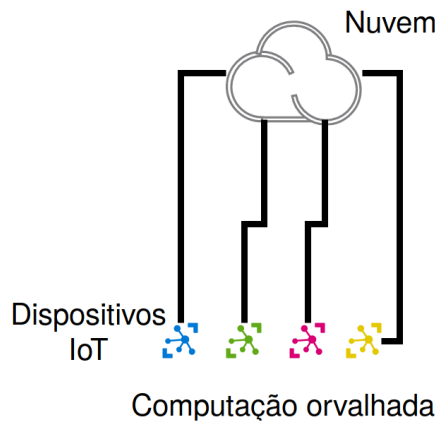


Figura 6 – Computação orvalhada - adaptado de (WANG, 2015a).

O paradigma da computação orvalhada (Dew computing) utiliza todo o potencial dos dispositivos locais juntamente com os serviços da nuvem. Assim, os dispositivos locais são organizados com hardware, software e computação local independente para fornecer também uma colaboração com a nuvem (WANG, 2015b) e (WANG, 2015a).

3.2.3.4 Interoperabilidade e flexibilidade

A capacidade dos sistemas trabalharem em conjunto com outros sistemas, de se adaptarem a inúmeras situações é uma busca frequente em estudos sobre IoT. Esta tecnologia propõe resolver alguns problemas visando ser um meio de integração entre diversos dispositivos, tecnologias de transmissão e vários protocolos de comunicação. Alguns trabalhos também sugerem e relacionam quais padrões de arquitetura de software podem ser utilizados para prover a interoperabilidade como: SOA, SOAP, RESTFul, ontologia, data mashup e etc. A flexibilidade do IoT denota a capacidade de poder começar com poucos recursos. E então crescer a partir desses poucos recursos. Ou começar grande e reduzir, de acordo com a necessidade. Contudo, segundo (RAY, 2016) para haver interoperabilidade e/ou flexibilidade as pesquisas devem avançar em torno da horizontalização do IoT, juntamente com a verticalização. Esta segunda é mais evidenciada e ocorre com maior frequência. Assim, (RAY, 2016) aponta que as duas visões devem buscar padronização, dar unidade às arquiteturas mas sem perder o viés da particularidade que as aplicações e serviços podem ter.

3.3 Alerta de pontuação precoce

3.3.1 EWS

Alerta de Pontuação Precoce (do inglês, Early Warning Score - EWS) é um sistema que calcula valores a partir de sinais vitais mensurados e registrados pela equipe de enfermagem. O objetivo é identificar a deterioração do indivíduo a partir da aferição dos seguintes sinais vitais: pulso, pressão arterial, frequência respiratória e temperatura, (AVARD et al., 2011). Existem várias abordagens ou vários tipos de EWS (MEWS - Modified Early Warning Score, SPS - Single Parameter Scoring). Outra abordagem para o EWS é o ViEWS, o qual, além de todos os sinais vitais mencionados anteriormente inclui a observação do paciente de forma geral. Verifica a respiração do indivíduo com auxílio de oxigênio artificial, a informação de alerta de resposta à voz, a resposta à dor e na abordagem de MEWS observa-se o parâmetro da saída de urina do paciente (AVARD et al., 2011; BELLOMO et al., 2012).

A Tabela 1 mostra os limites dos sinais e o escore respectivo.

Tabela 1 – Escala de risco EWS/ViEWS - Adaptado de (AVARD et al., 2011).

Pontuação	3	2	1	0	1	2	3
Frequência respiratória (respiração/min)	<=8		9-11	12-20		21-24	>=25
SpO2(%)	<=91	92-93	94-95	>=96			
Temperatura (C)	<=35		35.1-36	36.1-38	38.1-39	>=39	
Pressão sistólica(mmHg)	<=90	91-100	101-110	111-249	>=250		
Frequência Cardíaca(bpm)		<=40	41-45	51-90	91-110	111-130	>=131
AVPU							Verbal(V) Dor(P) Sem resposta(U)
Inspiração de O2 FiO2				Ar			Sem resposta(U) Artificial O2

A Tabela 2 apresenta a pontuação EWS. A soma individual de cada um dos 7 sinais com algumas observações e o período de tempo para uma nova aferição dos dados pela equipe de enfermagem.

Tabela 2 – Pontuação e períodos de EWS - Adaptado de (AVARD et al., 2011).

Risco	Pontuação Total	Período
1	1	12 Horas
2	2	6 Horas
3	3	4 Horas
4-6	4-6	1 Hora
7	>=7	1/2 Hora
7	Freq. cardíaca <= 40	1/2 Hora
7	Pontuação acima de 3 em qualquer parâmetro	1/2 Hora

De acordo com o Manual de Treinamento de Alerta de Pontuação Precoce o EWS não substitui a chamada da equipe de parada cardíaca em caso de colapso adulto com suspeita de ausência de pulso e/ou ausência de respiração. Não substitui a chamada do sistema de resposta de emergência, nem o contato com o registrador/consultor para

revisão imediata de qualquer paciente com o qual o profissional de saúde esteja seriamente preocupado. Incluindo um paciente com uma queda repentina no nível de consciência, queda na escala de coma de Glasgow (do inglês, Glasgow Coma Scale- GCS) maior que valor 2 em convulsões repetidas ou prolongadas ou vias aéreas ameaçadas.

3.4 Diffserv

O DiffServ (do inglês, Differentiated services) é padrão de implementação para qualidade de serviço (do inglês, Quality of service - QoS) em redes de computadores [RFC2475]. Uma rede que tem um serviço de QoS implementado e que segue o padrão DiffServ, usa o conceito de classes de serviço, seu objetivo é agrupar semelhantes fluxos de tráfego de dados em uma única classe. Quando o DiffServ é solicitado deve-se estabelecer um contrato de nível de serviço (do inglês, Service Level Agreement, SLA) entre o provedor e o cliente. O usuário deve obedecer a regra do contrato no qual o cliente compromete-se a gerar um fluxo de acordo com as características do contrato e o provedor compromete-se a repassá-lo com o QoS pedido pelo cliente (BLAKE et al., 2013).

Segundo (RUELA, 2009), pode-se estabelecer uma topologia de rede dividida entre roteadores de borda (EDGE) e roteadores de núcleo (CORE). Esta topologia define muito bem os papéis dos roteadores. Enquanto a borda conecta os clientes à internet, os roteadores de núcleo conectam outros roteadores ou interconectam roteadores de borda. Como representados na Figura 7.

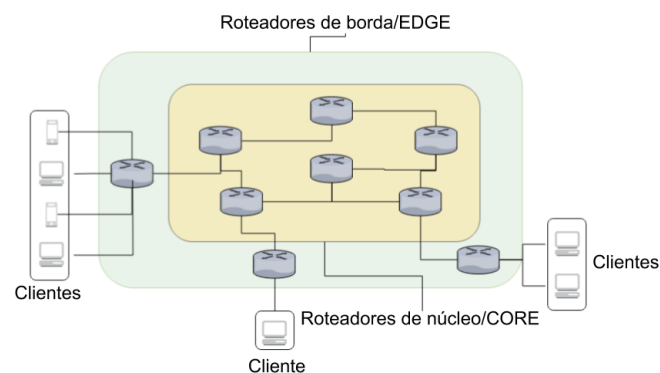


Figura 7 – Representação do Diffserv - adaptado de (RUELA, 2009).

No Diffserv, os roteadores de núcleo classificam apenas grandes classes de tráfego, enquanto os fluxos individuais são interpretados pelos roteadores de borda. Logo, a qualidade de serviço é gerada para o tráfego agregado ao invés de classificar fluxos individuais. Nessa metodologia o núcleo da rede tem uma configuração estática capaz de diferenciar poucas classes de tráfego. E essa configuração estática é denominada de comportamento por salto (do inglês, Per Hop Behavior - PHB). Existem PHBs padronizados definidos nas RFC 2597 e 2598. Os roteadores de borda devem determinar a qual classe

pertence o tráfego do usuário. Para marcar a classe nos pacotes IP o campo denominado TOS (tipo de serviço, do inglês, type of service), apresentados na Figura 8, é composto da seguinte maneira: os seis bits superiores do campo são o DSCP (DiffServ Code Point). E os dois bits inferiores são reservados para o ECN (Explicit Congestion Notification). Contudo, os valores de DSCP, de acordo com a RFC2597, são fornecidos apenas como referência. Assim, os valores de DSCP podem ser interpretados de acordo com a vontade do usuário ou dos nós finais.

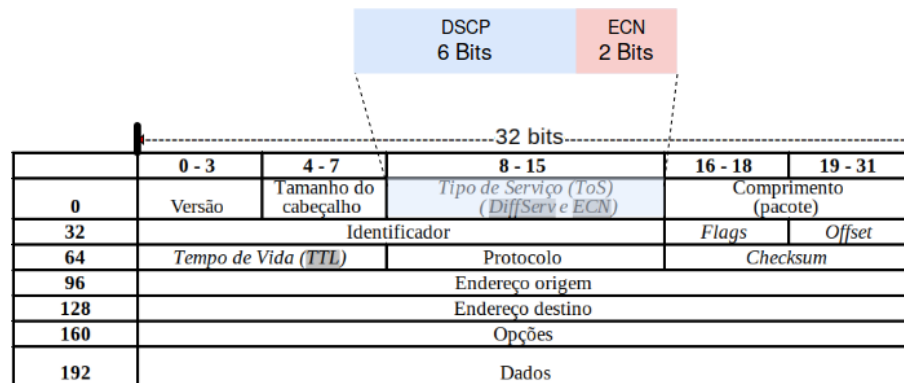


Figura 8 – Cabeçalho IP - Adaptado de (RUELA, 2009).

Ao utilizar o campo ToS, mesmo na internet, permite que o fluxo seja diferenciado pois este campo raramente é alterado por algum roteador, seja ele um roteador de núcleo (CORE) ou um roteador de borda (EDGE). Cerca de apenas 1% dos pacotes transmitidos na internet são modificados neste campo. Sendo assim, caso algum roteador otimize o fluxo de acordo com as regras de referência, é possível haver uma otimização do fluxo de acordo com o que está estabelecido na RFC2597 de referência (CUSTURA; SECCHI; FAIRHURST, 2018).

4 Trabalhos relacionados

Em (JAGER et al., 2010) foi proposto o uso de MEWS-simplificado para calcular o risco de deterioração do paciente através de um dispositivo embarcado, sem fio, de baixo consumo empregando seu uso em uma rede local. O uso na rede local trouxe o benefício de uma resposta rápida para uma equipe de saúde local (equipe de resposta rápida). Foi também proposto um sensor com acelerômetro, leds, buzzer e motor para identificar o nível de consciência do paciente para indicar se o mesmo encontra-se sem resposta, com dor, responde por voz e alerta. Uma outra vantagem discutida foi o uso de um protocolo de comunicação que diminui o consumo de energia e também de largura de banda dos dispositivos. Na conclusão os autores afirmam que o dispositivo pode ser usado para cuidados em casa, contudo não são apresentados evidências de uma arquitetura ou serviço preparado para funcionar integrado com uma equipe de cuidados de saúde fora do hospital.

O trabalho de (CERINA et al., 2017) propôs uma arquitetura IoT baseada em névoa que se comunica com outros dispositivos através de uma rede mesh. Cada dispositivo processa os dados através de FPGA (Matriz de Portas Programáveis em Campo, em inglês, Field Programmable Gate Array) com a capacidade de reconfiguração e adaptação rápida para processar as informações dos sensores e transmitir as informações para a nuvem. Outra característica evidenciada pelo trabalho é que o uso de FPGAs pode diminuir o consumo, a latência na rede, melhorar a performance do sistema em comparação com a Raspberry PI ou BeagleBoard. São apresentados 2 estudos de caso. O primeiro estudo propõe uma aplicação ambiente inteligente utilizando um sensor-atuador-humano utilizado para avaliar a qualidade do ar em ambientes de trabalho buscando benefícios em saúde e produtividade. Já o segundo caso implica em uma aplicação para reconhecer situações de emergência em idosos como: queda e/ou insuficiência cardíaca. Nos resultados, fica evidente que em ambos os estudos de caso o uso dessa abordagem tem resultados que podem ajudar no monitoramento e em alertas para a saúde dos envolvidos. Contudo não apresenta dados que indicam a redução de consumo, nem a redução de latência na rede ou indicam que o sistema tem rápida reconfiguração em relação às duas outras plataformas de desenvolvimento mencionadas.

Em (LOPES et al., 2016) foi utilizado a tecnologia da TV digital brasileira para auxiliar cuidadores, familiares e responsáveis por idosos ou pessoas com doenças crônicas sem risco de morte. O hardware do Set-top box da TV digital foi utilizado para receber e processar dados de sensores diversos como: temperatura, localização e umidade. A aplicação é acessada através da própria TV permite a exibição de alertas e até mesmo um botão de pânico foi proposto e utilizado para enviar mensagens por SMS e/ou aplicativos

como Whatsapp ou Telegram para os envolvidos no monitoramento dessas mensagens. Os resultados mostram que a abordagem está em seus estudos iniciais e que na continuação da pesquisa será aplicada em situações de urgência/emergência.

Foi proposto por (GIA et al., 2017) um sistema de monitoramento de saúde remoto de baixo custo, que utilizou o paradigma IoT-Fog. O sistema foi capaz de adquirir dados de sinais vitais e de contexto para transmiti-los através do protótipo sem fio para monitoramento em tempo real e remoto. Através do uso da névoa, o sistema fornece serviços como: processamento de dados, categorização, notificação e gerenciamento de canal. Foi apresentado um nó sensor portátil de baixo custo operando por um longo período de tempo, até 155 horas. O sistema pode ser aplicado em hospitais, residências, e assim, as emergências são notificadas em tempo real aos profissionais de saúde.

O trabalho de (ZARABZADEH et al., 2012) propõe uma comparação entre o uso de MEWS e *eletronic* MEWS (eMEWS), mediante uma revisão sistemática utilizando profissionais de saúde. Ele avalia o impacto do uso do MEWS tradicional (utilizando papel) e do eMEWS (eletrônico) como parte do processo de decisão. É discutida a informatização do processo EWS, para que os parâmetros sejam inseridos manualmente no computador para melhorar a acurácia do cálculo. De forma preliminar, ele indica que o processo informatizado torna-se mais rápido em uma média de 1,6 vezes do que o uso com anotações em papel. Também melhora taxas de admissões não planejadas para o UTI e mortes inesperadas. O MEWS é desenvolvido como uma ferramenta para um Sistema de Decisão de Suporte Clínico para os profissionais de cuidados de saúde tomarem suas decisões. O SDSC elimina o erro humano, pois prover conhecimento e informação na forma de diretrizes, protocolos e sugestão de decisões. A utilização de SDSC informatizada/computadorizada tem resultado em redução de custos, de erro de medicação, e melhoria nas práticas clínicas. Um protótipo foi desenvolvido para refletir as diretrizes do MEWS, baseado em papel, associados aos protocolos. Neste contexto, 5 pacientes tiveram monitorados parâmetros de pulso, pressão sistólica, frequência respiratória, SpO2 e temperatura. Os usuários têm um relatório resumido e rastreio do histórico para monitorar a saúde do paciente. O eMEWS pode gravar parâmetros adicionais, incluindo oxigênio suplementar, a Glaslow Coma Scale e saída de urina. Em sua metodologia foi realizado um workshop com 71 participantes: 11 médicos, 56 enfermeiros, dos quais 46 tinham mais de 10 anos de experiência, 13 tinham entre 5 e 10 anos, e 2 tinham apenas 2 anos. Os outros 4 participantes não revelaram suas especialidades. Na primeira parte os usuários foram apresentados aos eMEWS e interagiram com ele. Na segunda parte foi feito um novo exame com os profissionais.

Os profissionais relataram as vantagens de uso eMEWS em relação ao MEWS:

- Ajudam os usuários de forma clara com as informações de cores.
- Há a gravação do histórico dos pacientes.
- Diminuição do risco de perder os papéis.

- Fácil de modificar e gravar novos parâmetros.
- Poucos erros e menos papel.

Desvantagens:

- Duplicação de dados gravados.
- Alguns hospitais requerem o uso de documentação em papel, relatórios, gráficos...
- No eMEWS dados duplicados surgem por conta a obrigação do uso de papel.
- Os cálculos realizados utilizando papel de um total de 426 pontos. 12% foram calculados com erros.
- Enfermeiros com menos anos de experiência tendem a confiar mais no eMEWS que os enfermeiros com mais de 10 anos de experiência.

Por fim no trabalho de (ZARABZADEH et al., 2012), este apresentou um protótipo eMEWS que auxilia a equipe de saúde em seu processo de tomada de decisão, evidenciando os sinais vitais e o contexto de saúde do paciente. Sinais vitais codificados por cores e rastreamento dos históricos são características que compõe a base deste protótipo. Avaliou-se as características do protótipo e o impacto dele através de uma oficina com os profissionais de saúde. Os escores de pontuação MEWS indicam razoavelmente bem o estado de um paciente. No entanto, o contexto geral de saúde de um paciente é derivado de outras vivências dos enfermeiros, como a palidez do paciente. Logo, segundo o trabalho, é de suma importância que eMEWS considere uma série de parâmetros de qualidade de dados e informações.

Já o trabalho de (BELLOMO et al., 2012) analisou 18.305 pacientes mediante uma abordagem antes e depois em 5 hospitais do mundo, passando por um total de 12 alas. Assim, a análise antes foi sem o uso de dispositivos/monitores e analisou 9.617 pacientes. Já a análise depois, com 8.688 pacientes, foi realizada com o uso dos dispositivos de monitoramento. Foram realizadas várias análises utilizando alguns tipos de monitores que fazem aquisição de sinais vitais como: pressão sanguínea, SpO2, batimentos por minutos, temperatura, frequência respiratória. A equipe de saúde em alguns hospitais ficava encarregada de informar o volume de saída de urina e de nível de dor. Um dos monitores de saúde utilizado custou cerca de 5.275 dólares, sendo dispositivos relativamente caros. Contudo, toda informação permanece armazenada no monitor o qual alertava o risco de deterioração do paciente de acordo com a escala definida pela inferência do protocolo EWS adotado pela unidade hospitalar responsável. Os resultados deste trabalho demonstram que ao utilizar os dispositivos ocorrem várias melhorias que vão desde a diminuição do tempo no atendimento inicial para triagem dos pacientes, decisão para transferir pacientes para a UTI, diminuição do tempo dos pacientes internados e etc. Assim, em sua conclusão, os autores destacam a plausibilidade clínica do uso dos eMEWS, sugerindo que o monitoramento eletrônico automatizado de sinais vitais é promissor como uma ferramenta para melhorar a segurança do paciente em unidades hospitalares em geral.

O trabalho de (MOON et al., 2011) teve o objetivo de verificar a melhoria de pacientes e diminuição de mortes em um hospital escola do Reino Unido após implementar o uso de gráfico de fluxo MEWS e Serviço de Extensão de Cuidados Críticos 24/7 (do inglês, Critical Care Outreach Service - CCOS). Este estudo analisou 8 anos de dados de registros clínico-hospitalares em 2 períodos de 4 anos. O primeiro período foi de 2002 a 2005 sem o uso de MEWS/CCOS e o segundo de 2006 a 2009 com o uso de MEWS/CCOS. As análises mostram que a comparação entre os períodos houve uma diminuição de 3% para 2% nas chamadas de parada cardíaca e a mortalidade intra-hospitalar dos pacientes reduziu de 52% para 42%. Apesar do aumento de 14% na taxa de admissão anual de pacientes não houve aumento na proporção por de internações por emergência. A proporção de chamadas de parada cardíaca diminuiu significativamente e etc. Os dados mostram melhorias significativas nas taxas gerais de mortalidade hospitalar, reduções nas chamadas de parada cardíaca, redução na proporção de pacientes que receberam RCP intra-hospitalar antes da internação em terapia intensiva e melhora na sobrevida hospitalar de tais pacientes. Ao introduzir gráficos MEWS/CCOS é uma positiva influência, contudo é difícil quantificar os efeitos específicos. Pode-se concluir que houve melhoria nas medidas de resultados desde que passou-se a usar gráficos MEWS/CCOS 24/7.

Em (HABIB et al., 2016a) foi utilizado sinais vitais para propor um modelo de classificação de risco de pacientes utilizando Lógica Fuzzy com base em EWS e inferência médica. Dados de sinais vitais de pacientes em UTI foram usados para testar o modelo o qual se tornou bastante similar ao uso de EWS. Embora ainda em fase inicial o modelo propõe a redução de dados e o monitoramento 24/7 dias do paciente.

Habib et al. (2016b) utiliza uma rede de sensores corporal (do inglês, wireless body sensor networks - WBSNs), propõe um gerenciador para processar os sinais. É usado o EWS para otimizar a transmissão de dados, estimar em tempo-real a frequência dos sensores. E utiliza 2 algoritmos baseados em Lógica Fuzzy para verificar se a abordagem de otimização realmente otimiza.

No trabalho de Liu et al. (2009) é proposto o uso de monitoramento e consulta interativa através de um serviço Web que tem os dados e o histórico do paciente. O paciente pode realizar sua a consulta através de um sistema Web por video conferência com o médico em tempo-real. É utilizada uma abordagem de QoS, na consulta interativa, com Diffserv para priorizar o fluxo de áudio e vídeo em tempo real. Os resultados demonstraram que o QoS tem bons resultados levando-se em consideração: o tamanho dos pacotes, a qualidade de áudio e vídeo, e a taxa de erro. E este último irá alterar a probabilidade de perda de pacote e afetar a qualidade da imagem.

A Figura 9 lista os trabalhos relacionados e a relação de funcionalidades relatadas por seus autores.

Em análise aos trabalhos relacionados anteriormente percebe-se que o uso de

Trabalhos	EWS para alertar	Otimização IoT	Paradigma IoT	Uso de sensores	Alerta por SMARTPHONE	Alerta por WEB	Alerta por QUEDA	Alerta por ATENDIMENTO solicitado	Alerta por ATENDIMENTO realizado	Nuvem	Névoa	Orvalho	QoS	Inteligente
1 ZARABZADEH	x					x					x			
2 BELLOMO	x			x										
3 MOON	x													
4 HABIB	x													x
5 JAGER	x		x	x		x					x			
6 CERINA		x	x	x							x			x
7 LOPES			x	x	x	x		x		x				
8 GIA		x	x	x	x	x		x		x	x			
9 HABIB		x	x	x		x					x	x		
10 LIU			x	x		x				x	x		x	
QhS/Solução	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Figura 9 – Lista dos trabalhos relacionados e das funcionalidades observadas.

dispositivos de monitoramento de sinais vitais, juntamente com o uso do protocolo de análise de risco EWS podem auxiliar as equipes de saúde melhorando não só a qualidade da informação, como também, o atendimento, a eficiência, reduzindo em alguns casos custos, seja no consumo de energia, no tempo de atendimento, no tempo de internação ou no tempo de permanência na UTI. Contudo, nenhum dos trabalhos visitados utilizou a tecnologia para diminuir os tempos de respostas das equipes em atendimento, ou qualificar/quantificar o atendimento ao paciente. Em (CERINA et al., 2017), (GIA et al., 2017) e em (HABIB et al., 2016b) houve a preocupação com a otimização para uso do IoT a partir da identificação do risco ou da estimativa da frequência de monitoramento do paciente. Apenas em um dos trabalhos houve o uso de QoS para priorizar os dados que estão trafegando na rede.

5 Solução proposta

5.1 A visão da arquitetura de serviços

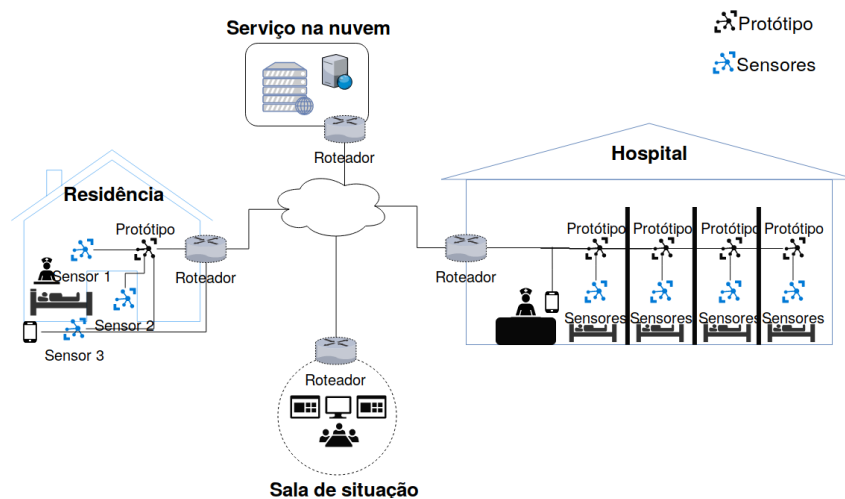


Figura 10 – Visão da arquitetura da solução.

A Figura 10 apresenta uma visão geral da arquitetura proposta por este trabalho. A figura mostra o ambiente hospitalar (pacientes, profissional de saúde, aplicação, sensores e protótipo), ambiente domiciliar (paciente, cuidador, aplicação, sensores e protótipo), Sala de Situação (profissionais de saúde, aplicação/dashboards) e Serviço de Nuvem (servidores, aplicação). Considera-se protótipo o hardware com software embarcado que conecta os sensores ao restante do sistema.

O contexto de funcionamento da solução proposta, mostrada na Figura 08, obedece aos seguintes fluxos de dados:

- Fluxo 01: Dados coletados pelos sensores nos ambientes hospitalar e domiciliar (IoT-Dew) são enviados ao protótipo que utiliza o EWS para classificar o risco do paciente. O resultado desta classificação é enviado para a aplicação na nuvem que gera os alertas;
- Fluxo 02: As aplicações nos dispositivos móveis nos ambientes hospitalar, domiciliar e na Sala de Situação recebem alertas de risco (gerados na nuvem). Naturalmente, aplicação do dashboard na Sala de situação apresenta uma visão mais ampla do sistema, bem como um maior detalhamento em relação aos smartphones nos ambientes hospitalar e domiciliar;
- Fluxo 03: Os profissionais de saúde nos ambientes hospitalar e domiciliar podem realizar consultas LOCAIS sobre os sinais vitais dos pacientes, acessando os protótipos e receber os alertas de chamados dos pacientes quando o botão de

pânico é pressionado;

- Fluxo 04: Os profissionais de saúde na Sala de Situação podem acionar outros profissionais de saúde a partir das informações/alertas provenientes do dashboard.

A priorização dos dados mediante o uso da tecnologia Diffserv se dá apenas no Fluxo 01. É após a classificação de risco que se necessita dar prioridade ao pacote a ser transmitido para a nuvem, para posteriormente gerar os devidos alertas. Nesta classificação é feita a marcação dos campos DSCP e ECN para enviar os dados com QoS.

5.2 Desenvolvimento

5.2.1 PROTÓTIPO e DISPOSITIVOS MÓVEIS

Para realizar transmissão de dados de acordo com o mencionado no Fluxo 01, foi criado um dispositivo embarcado, com bluetooth, wifi e acelerômetro, alimentado por bateria, com capacidade de fazer a aquisição de 3 sinais vitais: temperatura, SpO2, frequência de cardíaca. Capaz de registrar a presença dos profissionais de saúde através de um sensor reedswitch e 1 botão de pânico. A Figura 11 apresenta o protótipo colocado no braço de usuário. Na ponta do dedo o sensor de pulso/batimentos e oxímetro, no pulso, a caixa com o protótipo e no braço o sensor de temperatura.



Figura 11 – O protótipo.

De acordo com o Fluxo 02, foi desenvolvido e utilizado um protocolo de comunicação em nível de aplicação para receber os dados dos sinais vitais através de um aplicativo para *smartphone*. Ambos os dispositivos, celular e o protótipo, puderam transmitir os dados de acordo com o contexto a seguir:

Caso 1: Caso o protótipo esteja em modo stand-alone somente os dados de temperatura, SpO2, frequência cardíaca serão utilizados para calcular do risco EWS e transmitir utilizando DiffServ.

Caso 2: Caso o protótipo esteja conectado por bluetooth com o *smartphone*, significa que os dados dos sinais vitais serão enviados através do aplicativo para a nuvem. Vale ressaltar que utilizará dados de localização do GPS no dispositivo celular para obter dados de localização.

Caso 3: Caso o *smartphone* esteja conectado ao tensiômetro digital logo que a aferição acabar os dados serão transmitidos para a aplicação na nuvem, a qual utilizará estes dados para atualizar o risco EWS do paciente como também os dados de localização do GPS.

5.2.2 O tensiômetro

Como fora mencionado, o aplicativo para *smartphone* também foi desenvolvido com a funcionalidade de entrar em comunicação com um tensiômetro digital sem fio para aferir a pressão arterial dos pacientes. A Figura 12 apresenta o tensiômetro disponibilizado para aferir os sinais vitais dos pacientes, e a Figura 13, as telas da aplicação. A aplicação procura o sinal bluetooth do tensiômetro, aguarda o resultado da leitura, e exibe/transmite o resultado para o protótipo após a aferição.



Figura 12 – O tensiômetro fornecido pela unidade hospitalar.

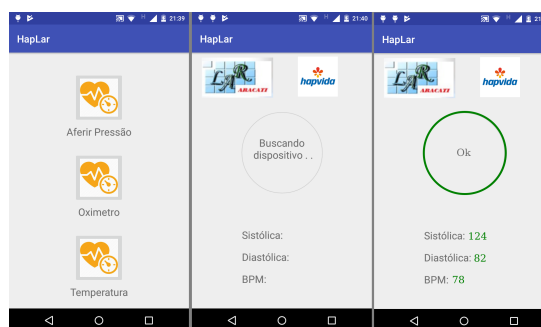


Figura 13 – Aplicação para interagir com o tensiômetro.

5.2.3 A aplicação móvel e a aplicação na nuvem

A aplicação móvel utilizada está inserida no ambiente domiciliar e no ambiente hospitalar, podendo ser utilizada por um familiar, cuidador ou um profissional de saúde.

Está inserida no Fluxo 02, recebe os sinais vitais e apresenta-os para os usuários. O aplicativo VITE das Coisas, (MELO, 2017), é uma aplicação móvel utilizada neste trabalho por estar inserido dentro do mesmo grupo de pesquisa. A Figura 14 apresenta a tela da solução ao monitorar os sinais vitais do paciente.

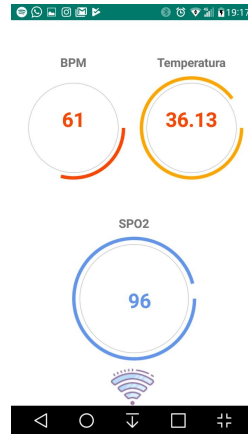


Figura 14 – Aplicação móvel - VITE.

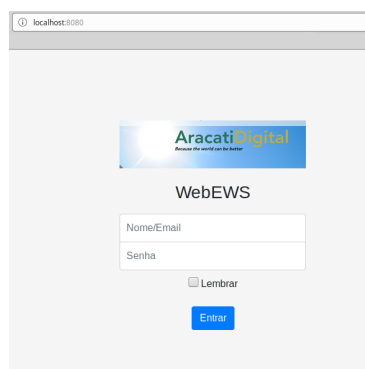
O sistema web foi desenvolvido, pertencente ao Fluxo 01 por compor a aplicação no ambiente na nuvem, no backend, e por apresentar os dashboards e alertas no Fluxo 02, ambiente da Sala de Situação. O sistema web é capaz de gerar gráficos e alertas apresentando gráficos de acompanhamento de risco e de solicitação/confirmação de atendimento para os pacientes e os profissionais de saúde envolvidos.

O software web tem um backend que utiliza python através do framework tornado, o qual é bastante flexível e robusto, podendo ser assíncrono, trabalhar com arquitetura REST. IoT e REST podem ajudar na interoperabilidade e desacoplamento de sistemas. Em seu frontend foi utilizado jquery, e bootstrap que é um framework javascript e HTML5, oferecendo um padrão MVC para organização do sistema, além da facilidade e agradável sensação visual de seus componentes HTML. As Figuras 15a, 15b, 15c compoem o 15 e apresenta as telas de login, riscos dos pacientes e solicitações/atendimentos dos pacientes respectivamente.

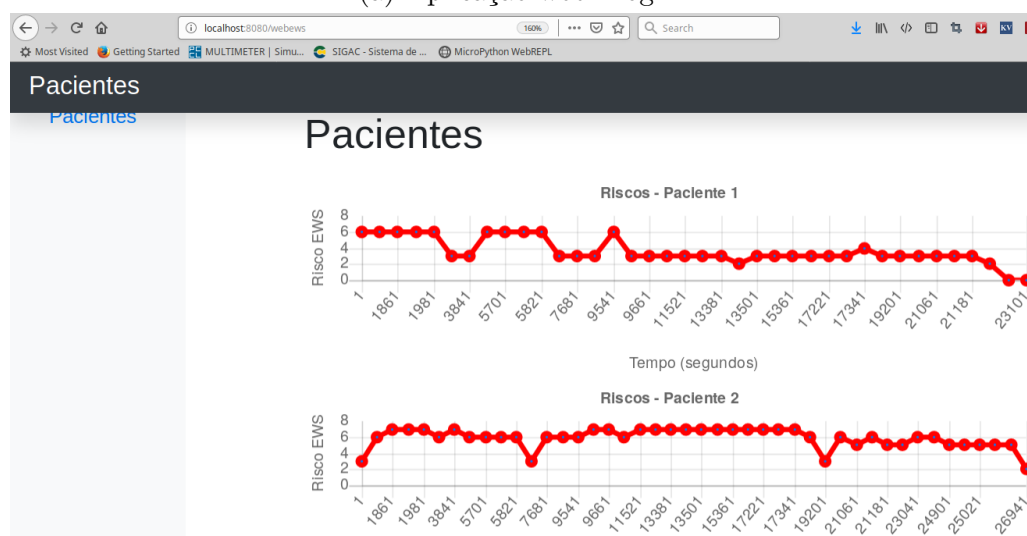
5.2.4 O hardware

Foi utilizado uma plataforma de hardware aberta/livre, um microcontrolador ESP8266 com as seguintes características: 32-bit RISC CPU; frequência de clock de 80 MHz; 64 KB RAM e 96KB data; Flash QSPI External - 512KB a 4MB; IEEE 802.11b/g/n Wi-Fi 16 pinos de GPIO; SPI e I2C.

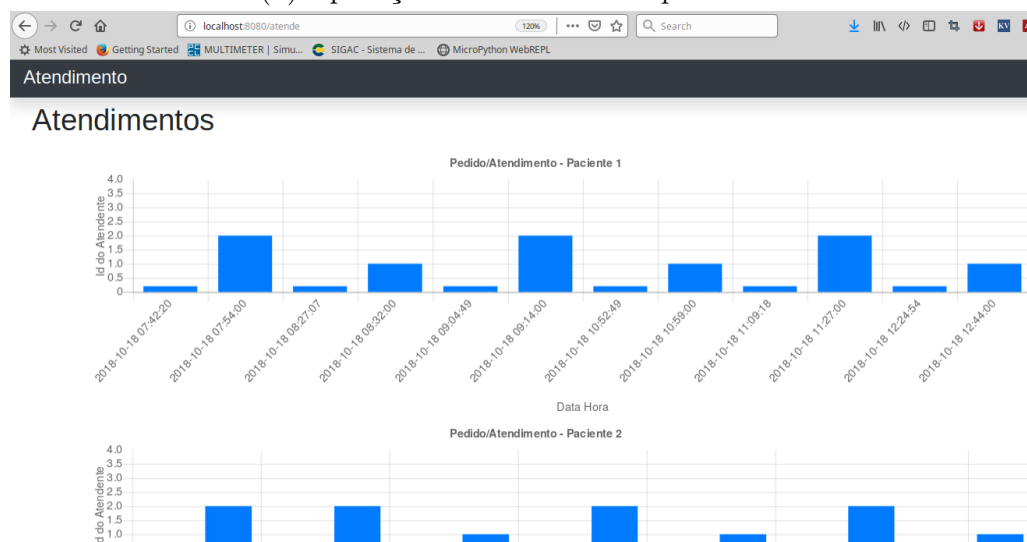
Para aferir a temperatura do usuário foi usado o sensor DS18B20, o qual pode operar com resolução de 9 Bits a 12 Bits e acurácia de 0.5C, 0.25C, 0.125C, e 0.0625C, respectivamente para 9, 10, 11 e 12 bits. Cada leitura pode ser realizada em períodos de 750 milissegundos. No protótipo foi utilizado com precisão de 10 bits.



(a) Aplicação web - login.



(b) Aplicação web - Riscos dos pacientes.



(c) Aplicação web - Atendimentos.

Figura 15 – Software WEB.

Para capturar os batimentos cardíacos e o nível de saturação de oxigênio no sangue foi utilizado o sensor MAX30100. As resoluções dele vão de 13 a 16 Bits. Assim o número de amostras podem variar de 50 a 1000 por segundo. É utilizado com precisão de 16 Bits.

Um botão de pressionar foi utilizado para solicitar a presença de alguém da equipe de saúde, e um reedswitch para registrar o momento em que o funcionário(a)/atendente realizar algum atendimento.

Para comunicação com o *smartphone* foi utilizado junto ao microcontrolador o bluetooth HC-06. E para comunicação com a nuvem foram utilizadas 2 abordagens. Quando o protótipo estivesse conectado ao *smartphone* a aplicação se encarregava de enviar os dados por wifi ou por 3G/4G. Caso não estivesse transmitindo para o bluetooth, enviava os dados através do wi-fi.

O dispositivo afere os dados dos sensores, coleta os dados, faz a classificação de risco, modifica a prioridade de transmissão do pacote e transmite os dados para um serviço na nuvem. O qual é monitorado por uma sala de situação. O contexto pode ser no hospital ou em casa. A Figura 10 mostra como é a integração do serviço, do monitoramento em casa, no hospital e na sala de situação. A Figura 11 mostra o protótipo sendo utilizado por um usuário.

A Figura 16 descreve o diagrama de blocos do hardware protótipo utilizado.

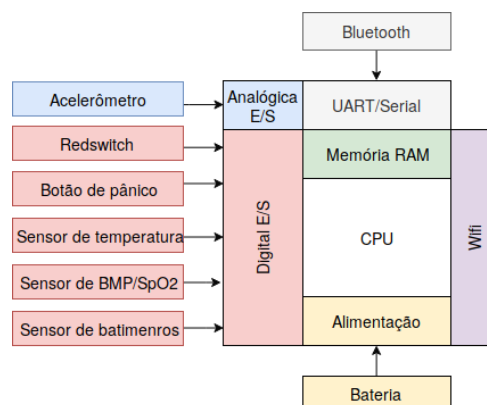


Figura 16 – Diagrama de blocos do protótipo.

5.2.5 O firmware

O firmware foi desenvolvido utilizando python, mais especificamente o micropython. E neste trabalho vale ressaltar o uso da implementação do EWS, discutido na sessão: *fluxo do protocolo EWS*, para diminuir tanto o consumo de energia quanto o uso da rede que será demonstrado na sessão: *corrente e transmissão*, e o uso do DiffServ. A Figura 17 representa o código de mudança do cabeçalho IP em python do campo DSCP.

Quando o protótipo não precisa aferir os sinais vitais e vai demorar mais de 5 minutos sem transmitir informação alguma o dispositivo é colocado para dormir em sono profundo, modo deep-sleep, assim é possível realizar economia de energia e de tráfego na rede. Contudo o dispositivo pode retornar através de qualquer atividade do usuário, seja

```
# Criar um TCP/IP socket
sock = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
# Modifica os campos DSCP e ENC do protocolo IP
sock.setsockopt(1, 12, opt[0]);
# Conecta o socket
server_address = ('', 10000)
print('Conecta ao servidor {} e a porta {}'.format(*server_address))
sock.connect(server_address)
```

Figura 17 – Mudança do campo DSCP do cabeçalho IP em micropython.

```
import socket
import sys
import time
import network
import utime
import machine

def dormir(tempo):
    #Configura o RTC.ALARM0 para acordar o dispositivo
    rtc = machine.RTC()
    rtc.irq(trigger=rtc.ALARM0, wake=machine.DEEPSLEEP)
    #Checa se o dispositivo acordou do sono profundo
    if machine.reset_cause() == machine.DEEPSLEEP_RESET:
        print('Acordou depois do sono profundo')
    #Coloca o RTC.ALARM0 para disparar depois do tempo configurado
    rtc.alarm(rtc.ALARM0, tempo)
    #Coloca o dispositivo para dormir
    machine.deepsleep()
```

Figura 18 – Função deep-sleep utilizada no protótipo em micropython.

pressionar o botão de pânico ou se ele sofrer uma queda. A Figura 18 apresenta como foi implementada a função de dormir profundamente. Esta função pode acordar de acordo com o tempo programado ou de acordo com alguma sinal no pino de reset. Assim, através do botão de pânico, do acelerômetro com função de detecção de queda o dispositivo pode acordar.

5.3 Teste de sensores e atendimento

A solução capturou a temperatura, o nível de oxigênio do sangue e a frequência cardíaca. Foi possível registrar o momento em que o usuário solicitou atendimento ao pressionar o botão de pânico, logo em seguida, foi possível registrar o momento em que a confirmação junto ao dispositivo do usuário foi realizada.

A Tabela 3 mostra os sinais vitais monitorados de 3 indivíduos na fase de teste. Onde para cada amostra é resultado da média de 15 aquisições de cada sinal vital.

Amostra	Indivíduo 1			Indivíduo 2			Indivíduo 3		
	HR	SPO2	Temperatura	HR	SPO2	Temperatura	HR	SPO2	Temperatura
1	63	98	36.4	81	98	36.3	67	98	36.5
2	68	98	36.5	78	97	36.2	69	97	36.7
3	65	98	36.5	72	98	36.3	74	97	36.2
4	67	98	36.4	73	98	36.4	68	98	36.2
5	66	98	36.4	72	97	36.4	74	98	36.1
MÉDIA	65.8	98.0	36.44	75.2	97.6	36.32	70.4	97.6	36.34
VARIÂNCIA	3.7	0.0	0.003	16.7	0.3	0.01	11.3	0.3	0.06
DESVIO PADRÃO	1.92	0.0	0.05	4.09	0.55	0.08	3.36	0.55	0.25

Tabela 3 – Resultados da aquisição de 3 pacientes. HR (Heart rate - Frequência cardíaca).

A Tabela 4 apresenta quando os usuários requisitaram o serviço pressionando o botão de pânico e a informação chegou ao servidor e o momento em que o dispositivo de saúde confirmou o atendimento utilizando o reedswitch através de um cartão magnetizado.

No.	Solicitação (data hora)	Confirmação (data hora)
1	10/24/2017 08:12:56	10/24/2017 08:13:13
2	10/24/2017 08:14:25	10/24/2017 08:15:09
3	10/24/2017 08:15:36	10/24/2017 08:15:52
4	10/24/2017 08:18:23	10/24/2017 08:19:05
5	10/24/2017 08:19:49	10/24/2017 08:20:10

Tabela 4 – Resultados de testes da solicitação e do momento de confirmação do atendimento.

O desvio padrão das médias dos batimentos cardíacos não foi maior que 4,1 ou em 5%. Em Borodin et al. (2015) foi apresentada uma abordagem semelhante ao comparar vários tipos de sensores e a precisão variou de 2% a 5% para os sensores estudados, os testes mostraram a mesma variação em um único sensor. Isso significa que a frequência cardíaca capturada variou no pior dos casos de 5% do valor médio e no melhor caso de 2%. Em relação às solicitações de visitas da equipe de saúde, o equipamento pode enviar as requisições, bem como registrar o momento em que alguém da equipe de saúde chegou a realizar o serviço, conforme os resultados da Tabela 4.

O artigo de Kodali, Swamy e Lakshmi (2016) argumenta que o uso de sensores de sinal de saúde, e neste caso, o uso de IoT para os sistemas de saúde, pode melhorar o atendimento às pessoas hospitalizadas, bem como os custos envolvendo profissionais.

O trabalho de Teixeira et al. (2015) aborda que monitorar de forma mais eficiente por meio de uma equipe de saúde trabalhando de forma satisfeita e motivada também é muito importante para o tratamento de idosos hospitalizados. No entanto, até mesmo o protocolo e a responsabilidade dos profissionais de saúde sobre os dados coletados geralmente apresentam erros no preenchimento por diversos motivos, dias estressantes de trabalho, baixa remuneração, redução de pessoal e assim por diante.

A aquisição de sinais vitais através dos dispositivos IoT melhora a qualidade da informação captada dos sensores para a equipe de saúde. Usar dispositivos de captura diminui o tempo de resposta do time de saúde, aumenta a precisão dos sinais, e os casos em que a solicitação/confirmação de cuidados é realizada, percebe-se que esses dados podem ser utilizados para melhorar a qualidade do serviço em saúde, pode melhorar processos e procedimentos para o gerenciamento das pessoas e de suas atividades. A tecnologia IoT pode trazer melhorias para os padrões e protocolos que as organizações de saúde seguem e exigem.

6 Simulações e resultados

6.1 O conjunto de dados

Para simular o uso do protocolo EWS foi utilizado o banco de dados MIMIC-II disponibilizado por (physionet, 2016), o qual contém sinais fisiológicos e séries vitais de sinais vitais capturados de monitores de pacientes e dados clínicos abrangentes obtidos de sistemas de informações médicas hospitalares para dezenas de milhares de pacientes em unidades de terapia intensiva. Para estas simulações foram usados os dados de 36 pacientes com cerca de 12 horas de monitoramento, registrados a cada segundo, onde cada paciente possui os seguintes sinais vitais: pressão arterial, SpO2, frequência respiratória, frequência cardíaca.

O conjunto de dados de cada paciente apresenta também alarmes classificados como non-ECG, Figura 19, e ECG, Figura 20.

Alarm Label	Definition
***ABP m < n	Hypotension (Extremely Low Blood Pressure)
** ABP m < n	Low Blood Pressure
** ABP m > n	High Blood Pressure
***APNEA	No Respiratory Effort Detected
** ART m < n	Low Blood Pressure (secondary line)
** ART m > n	High Blood Pressure (secondary line)
** CVP m < n	Low Central Venous Pressure
***Desat m < n	Desaturation (of SP02) (#)
** ICP m > n	Low Intra-Cranial Pressure
** LAP m > n	High Left Arterial Pressure
** NBP m < n	Low Non-Invasive Blood Pressure
** NBP m > n	High Non-Invasive Blood Pressure
** PAP m < n	Low Pulmonary Arterial Pressure
** PAP m > n	High Pulmonary Arterial Pressure
** P1 m < n	Low (Generic) Pressure
** RESP m > n	Hyperventilation
**SpO2 m < n	Low Oxygen Saturation
**Tblood m.m<n.n	Low Blood Temperature (in deg C)
** UAP m < n	Low Umbilical Arterial Pressure
** UAP m > n	Low Umbilical Arterial Pressure
** UVP m > n	High Umbilical Venous Pressure
***ABP DISCONNECT	Invasive Arterial Line Disconnect
***PAP DISCONNECT	Pulmonary Arterial Catheter Disconnect
***UAP DISCONNECT	Uterine Pressure Line Disconnect

Figura 19 – Alarmes non-ECG de (physionet, 2016).

Os alertas non-ECG estão relacionados a problemas de pressão sanguínea, pressão pulmonar, temperatura, equipamento desconectado dentre outros. Os alarmes ECG representam alertas de batimentos lentos ou acelerados, problemas no ventrículo, fibrilação, como também equipamento desconectado e etc.

Ambos os alarmes foram considerados como um alerta de tipo único para ser feita

Alarm Label	Definition
***ASYSTOLE	No QRS for 4s
***BRADY m < n	Bradycardia < 40BPM
** HR m < n	Low Heart Rate
** HR m > n	High Heart Rate
** IRREGULAR HR	Irregular Heart Rate
** MISSED BEATS	Missed Heart Beats
** MULTIFORM VPBs	Multiform Ventricular Premature Beats
** PACER NOT CAPT	Pacemaker not capturing
** PAIR VPBs	Pair of Ventricular Premature Beats
** R-ON-T VPBs	R on T type beats
** RUN VPBs 3 - 9	Run of 3-9 Ventricular Premature Beats
** RUN VPBs > 9	As above, but >9
** STi m.m<n.n	ST depression in mV
** STi m.m>n.n	ST elevation of in mV
***TACHY m > n	Tachycardia, HR > n BPM
** VENT BIGEMINY	Ventricular Bigeminy
***VENT FIB/TACH	Fibrillatory Waveform for 4s or more
** VENT RHYTHM	Ventricular Rhythm
***VENT TACHY	Run of >=5 Ventricular Beats with HR>100
** VENT TRIGEMINY	Ventricular Trigeminy

Figura 20 – Alarmes ECG de (physionet, 2016).

uma comparação entre os alertas já fornecidos pela base de dados, e o risco EWS calculado para cada paciente. Este método buscou investigar se o protocolo EWS produziria alertas diferentes e/ou coincidentes dos alertas existentes na base de dados dos 36 pacientes para entender se o uso deste protocolo seria uma abordagem complementar ou uma abordagem de confirmação dos alertas.

6.2 Resultados obtidos

Serão mostrados o uso de dois algoritmos utilizando o protocolo EWS: Limiar e Fluxo, que serão explicados nas próximas sessões. Estes dois algoritmos foram comparados e os resultados obtidos são mostrados a seguir. Na primeira parte foram usados 4 pacientes e são comparadas as frequências de cada risco para cada paciente. Na segunda parte foram feitas comparações entre os riscos de 2 pacientes utilizando os 2 algoritmos. No apêndice A encontram-se as comparações utilizando as frequências de todos os 36 pacientes. E no apêndice B encontram-se as demais comparações dos riscos dos 36 pacientes.

6.2.1 Parte 1

6.2.1.1 Algoritmo 01: Limiar do protocolo EWS

O protocolo EWS foi utilizado em vários trabalhos apresentando resultados de melhoria nos percentuais de admissão de pacientes em UTI, na diminuição dos casos

Tabela 5 – Períodos de EWS - Adaptado de (AVARD et al., 2011).

Risco	Pontuação Total	Período
1	1	12 Horas
2	2	6 Horas
3	3	4 Horas
4-6	4-6	1 Hora
7	≥ 7	1/2 Hora
7	Freq. cardíaca ≤ 40	1/2 Hora
7	Pontuação acima de 3 em qualquer parâmetro	1/2 Hora

de parada cardíaca, na melhoria da eficiência dos profissionais e na distribuição das informações sobre os pacientes.

A lógica implementada no algoritmo limiar utiliza os sinais vitais dos pacientes para calcular o risco e espera para avaliar o paciente novamente de acordo com o tempo correspondente ao risco conforme os valores da Tabela 5.

O resultado a seguir realiza uma comparação entre as frequências dos riscos obtidos ao implementar o algoritmo limiar versus as frequências dos riscos dos dados completos. As Figuras 21, 22, 23 e 24 representam esta comparação dos 43200 segundos de sinais vitais. O resultado estatístico de cada risco EWS Completo/Bruto em vermelho e em azul os dados aplicando o algoritmo limiar. Pode-se observar que a redução de dados de 43200 dados de cada paciente para 12, 21, 8, 27, respectivamente, não resulta numa diferença estatística tão brusca em cada grau de risco apresentado. Apenas a Figura 21 é mais visível a diferença estatística ou desvio padrão. Contudo, para as outras, existe grande semelhança e observa-se que ao utilizar, nesta análise de comparação estatística, o sistema EWS baseado apenas no limiar haveria uma economia de recursos de rede e de energia. Os outros dados/pacientes podem ser observados no apêndice A.

6.2.1.2 Algoritmo 02: Fluxo do protocolo EWS

A Figura 25 apresenta o diagrama de Fluxo do Protocolo EWS definido em (AVARD et al., 2011). Neste trabalho o fluxo foi implementado como um algoritmo que também calcula os riscos dos pacientes, contudo, diferente do algoritmo anterior ele tem outras regras que antecipam o seu uso, gerando mais alertas e definindo ações que a equipe de saúde deve realizar para cada classificação de risco.

O código fonte foi criado em Octave para realizar as simulações dos riscos dos pacientes de acordo com os sinais vitais, e além da classificação também foi observado os horários em que o protocolo deveria esperar para agir novamente, camada em vermelho (wait time), para quem os alertas devem ser encaminhados inicialmente, camada em cinza (alerts), e a camada em laranja (actions) representa as ações da equipe de saúde no momento que recebem o alerta.

O resultado a seguir realiza uma comparação entre as frequências dos riscos obtidos

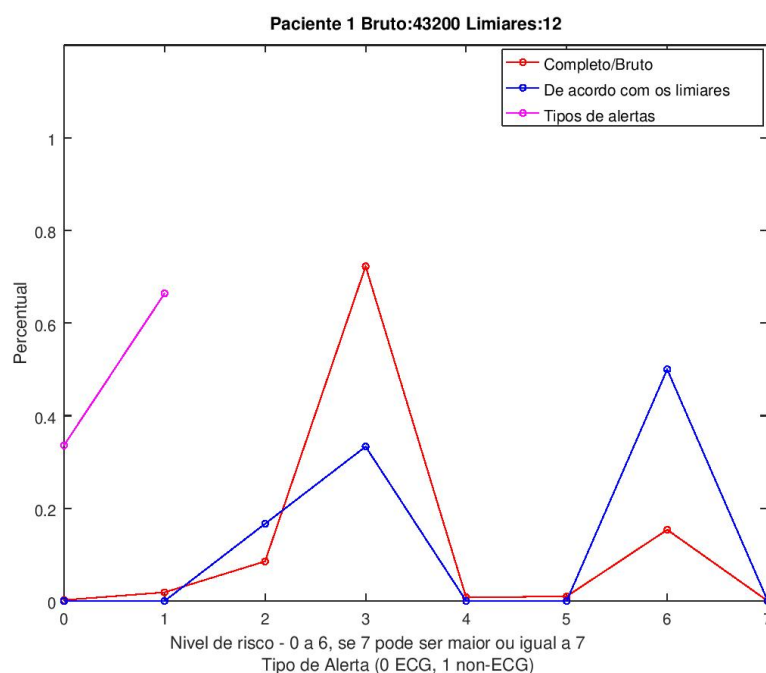


Figura 21 – Paciente 1 - limiar x dados brutos

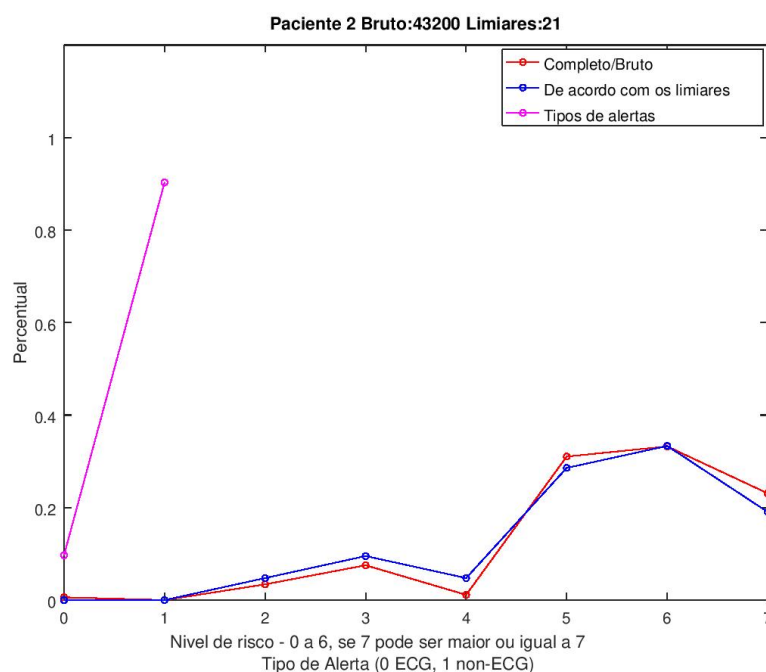


Figura 22 – Paciente 2 - limiar x dados brutos

ao implementar o algoritmo fluxo versus o algoritmo limiar e as frequências dos riscos dos dados completos.

As Figuras 26, 27, 28, 29 representam a comparação entre os dois algoritmos. Na Figura 26, aproxima-se melhor as estatísticas do fluxo em cor verde que a estatística em azul do limiar, contudo, são bem próximas. A implementação do fluxo força a equipe de saúde a verificar os sinais com maior frequência que o algoritmo limiar, e consequentemente

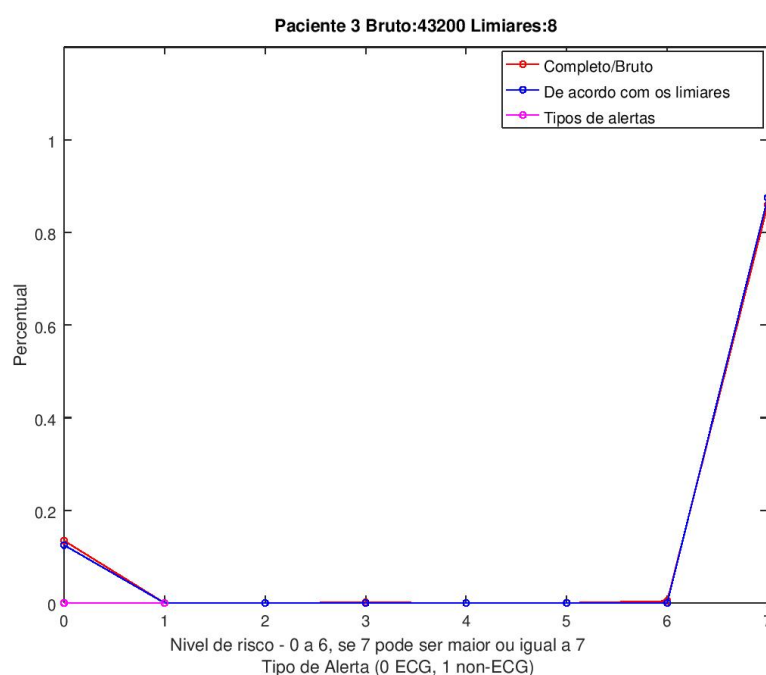


Figura 23 – Paciente 3 - limiar x dados brutos

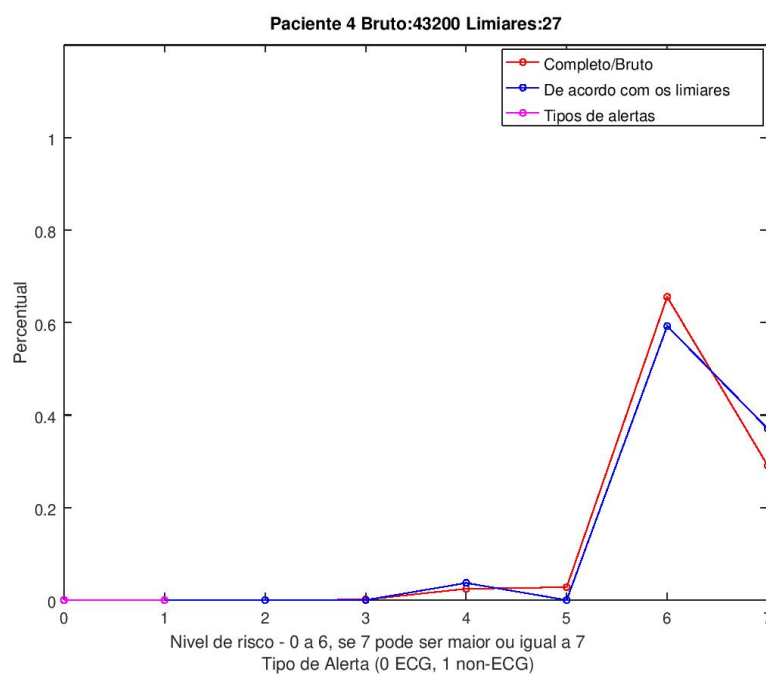


Figura 24 – Paciente 4 - limiar x dados brutos

irá gerar mais mensagens e procedimentos para as equipes de saúde e monitoramento. Diante do número de 43200 dados envolvidos para cada paciente, os fluxos observados de 38, 44, 23, 74, são abaixo de 1% (Figura 36) do total, assim como o algoritmo de limiar. Contudo, com a vantagem de implementar o sistema EWS usando todo o fluxo que o time de saúde realizaria na unidade de saúde.

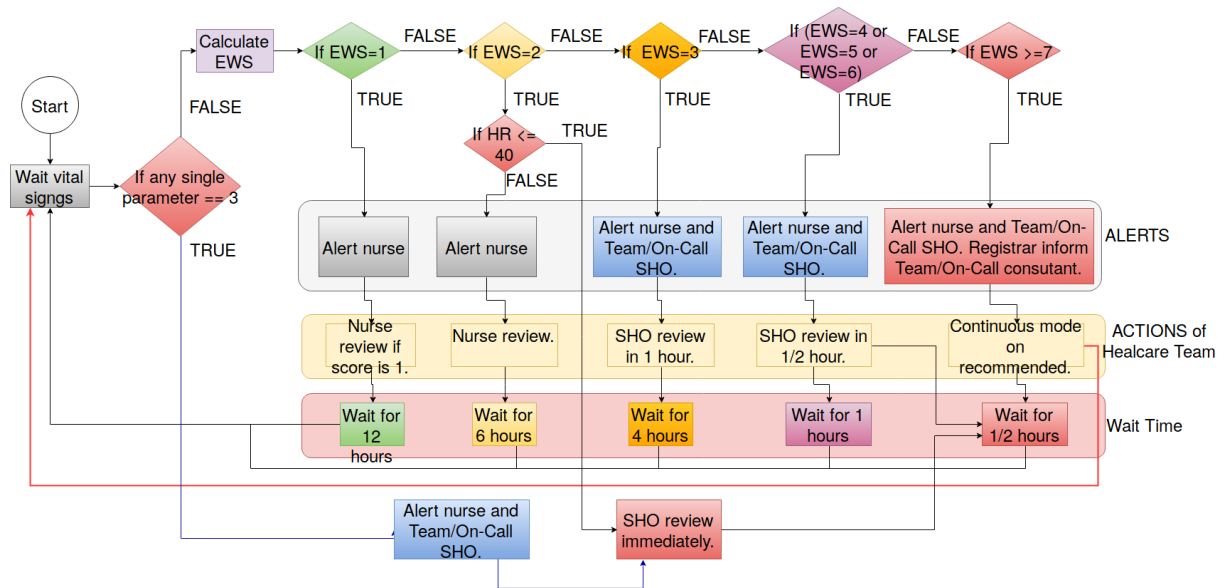


Figura 25 – Diagrama de fluxo do protocolo EWS, adaptado de (AVARD et al., 2011).

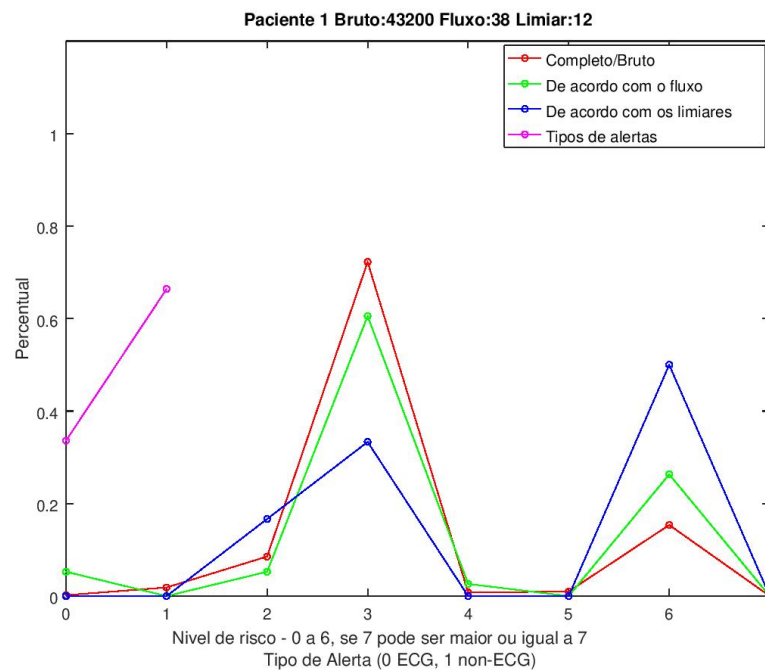


Figura 26 – Paciente 1 - fluxo x limiar x dados brutos

6.2.2 Parte 2

6.2.2.1 Comparação das análises de riscos - Fluxo x Limiar x Dados brutos

As Figuras 30 e 33 apresentam os riscos e os tipos de alertas destes pacientes durante todo o tempo sem intervalos. As Figuras 31 e 34 representam os resultados destes pacientes de acordo com o algoritmo limiar e os intervalos de tempo de acordo com sua pontuação de risco. Por fim, as Figuras 32 e 35, apresentam os resultados do algoritmo de fluxo, levando em consideração quando a equipe de saúde interfere em um tempo menor

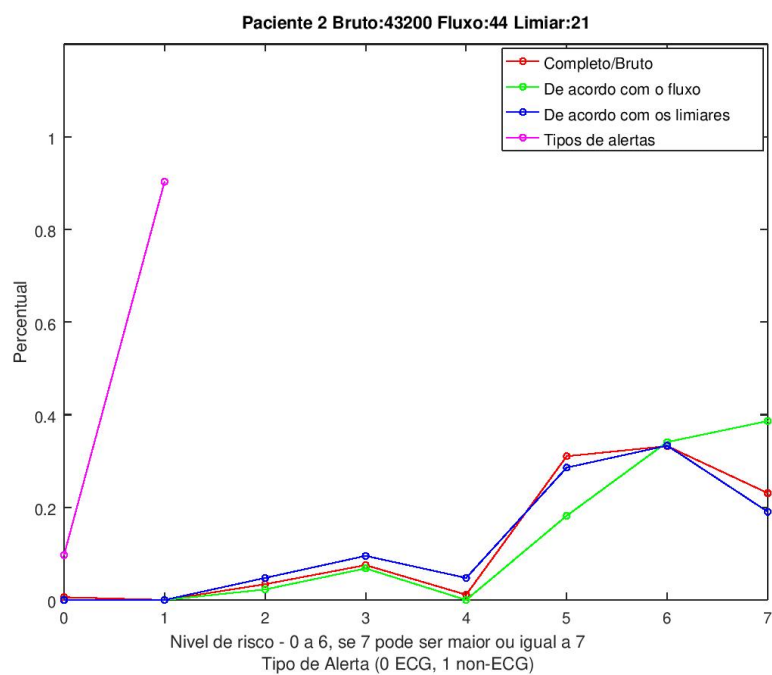


Figura 27 – Paciente 2 - fluxo x limiar x dados brutos

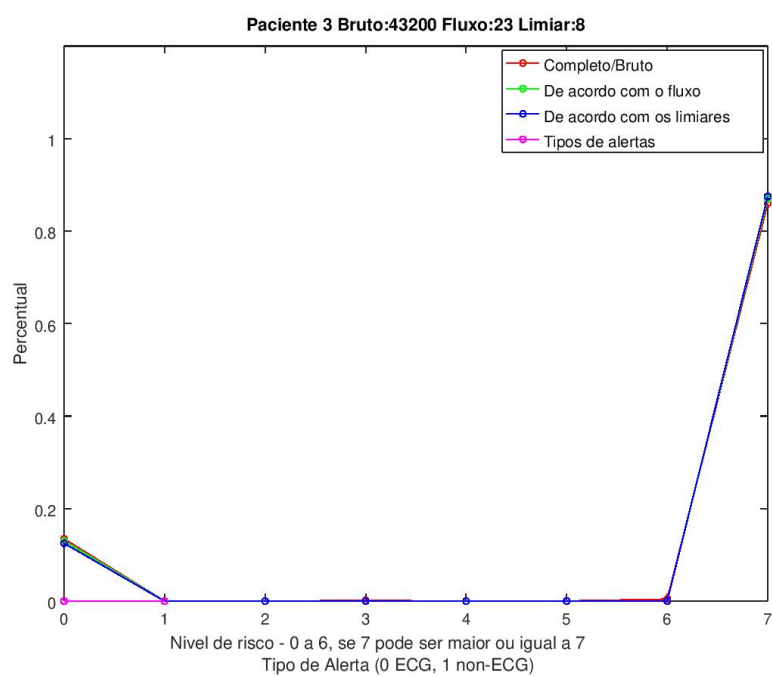


Figura 28 – Paciente 3 - fluxo x limiar x dados brutos

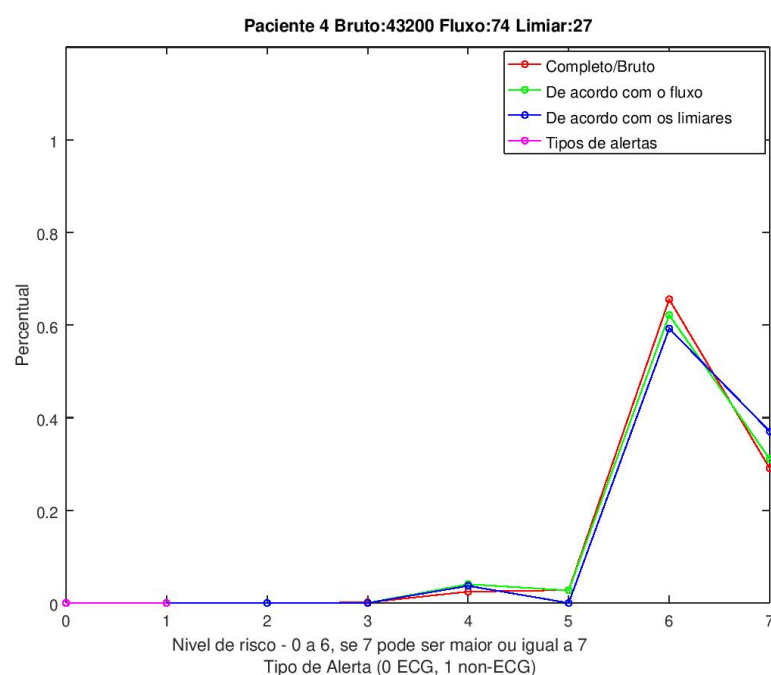


Figura 29 – Paciente 4 - fluxo x limiar x dados brutos

que o tempo previsto pelo risco calculado.

As Figuras dos demais pacientes estão no apêndice B. E pode-se perceber que o sistema de alertas EWS é um sistema complementar ao sistema de alertas dos sinais monitorados. Nota-se que em muitos momentos, os *Tipos de Alarmes* (na cor preta, são os alertas ECG ou non-ECG) não existem e o paciente possui um risco muito alto. Logo,

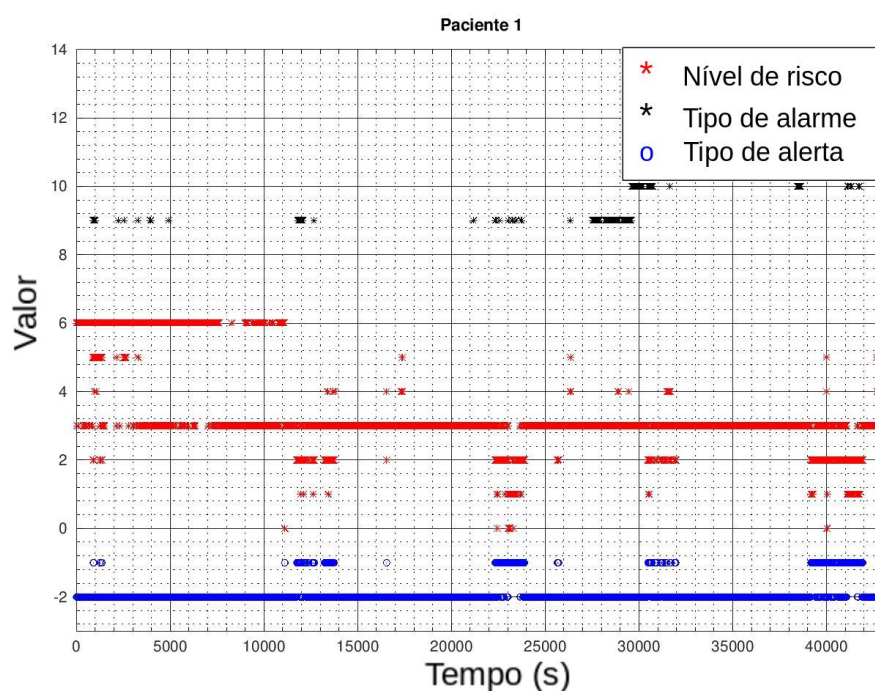


Figura 30 – Paciente 1 - Dados brutos

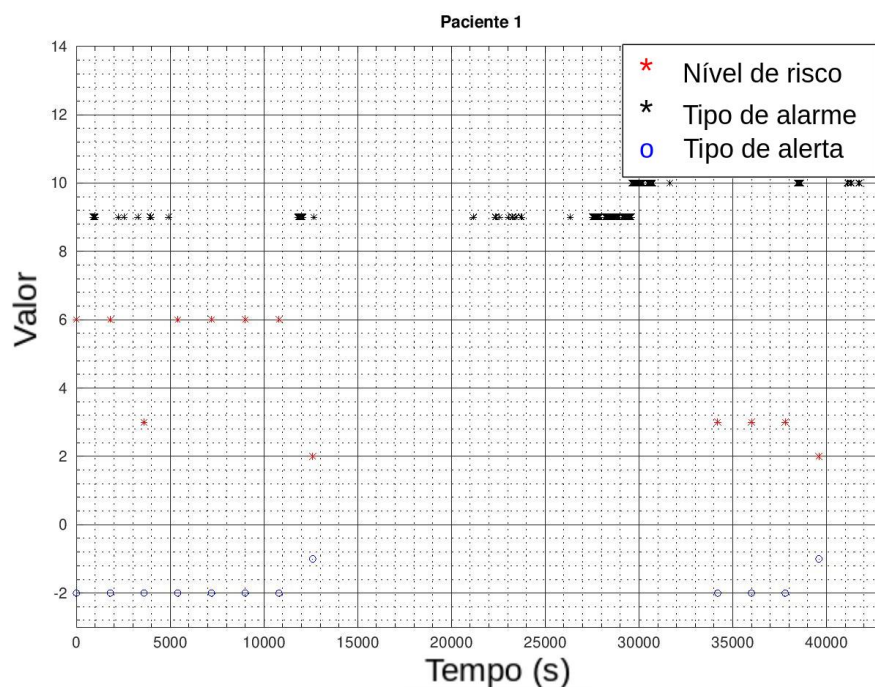


Figura 31 – Paciente 1 - Sinais do algoritmo limiar

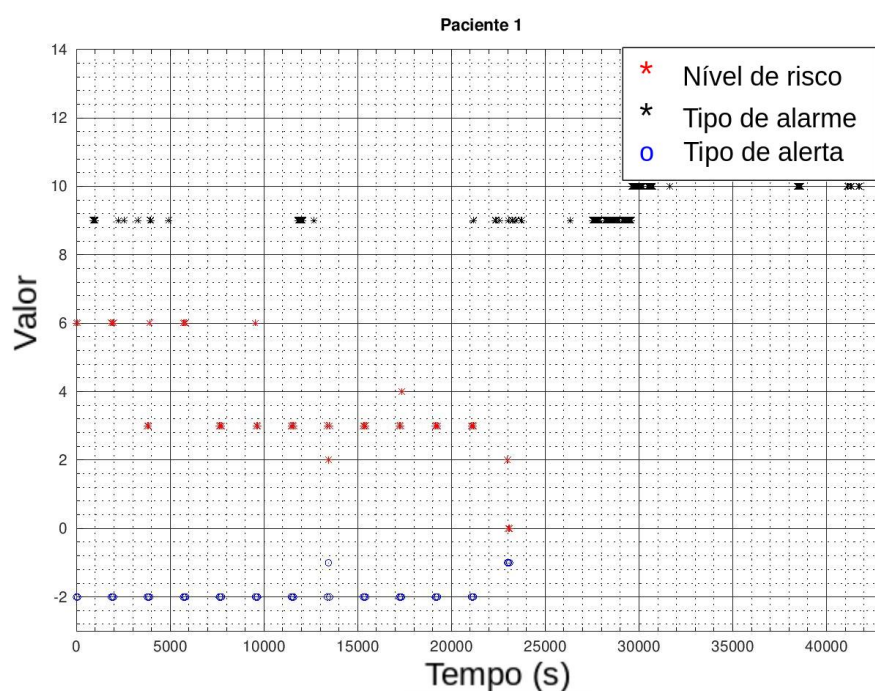


Figura 32 – Paciente 1 - Sinais do algoritmo fluxo

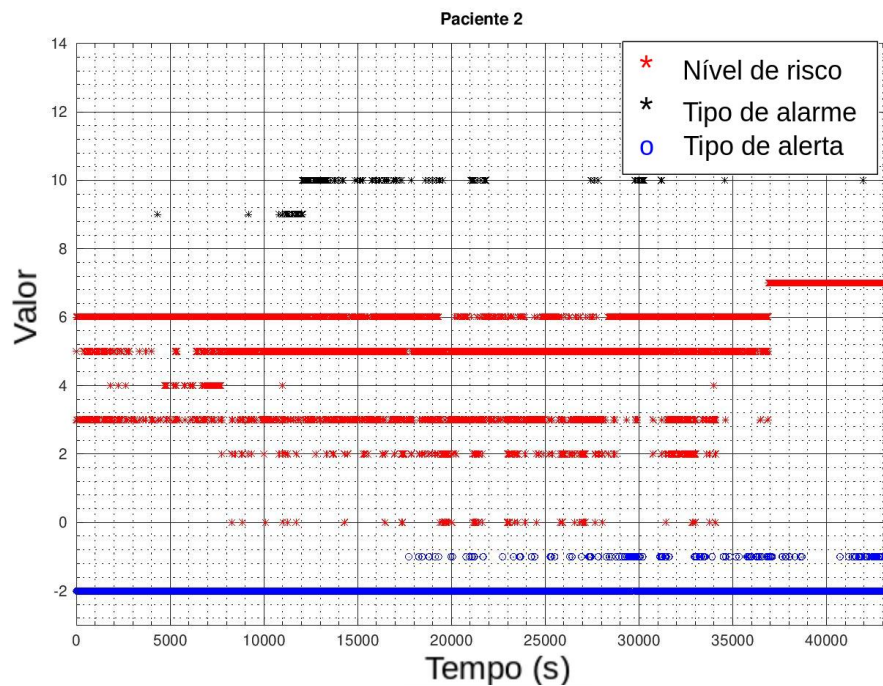


Figura 33 – Paciente 2 - Dados brutos

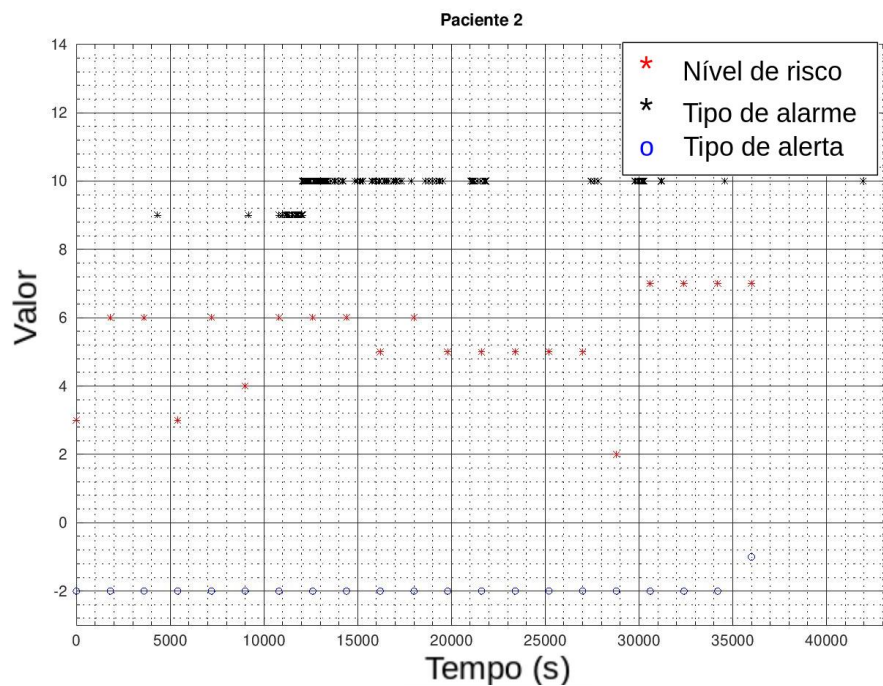


Figura 34 – Paciente 2 - Sinais do algoritmo limiar

conclui-se a importância de ambos. Para a prioridade de envio de dados, o paralelo que pode ser traçado é que, enquanto o paciente 32, próximo ao momento 17000, tem um risco 2, o paciente 35, próximo ao momento 17000, tem um risco 6. Assim, haveria uma marcação de prioridades diferente entre os 2 pacotes, dando maior prioridade ao paciente com maior risco.

Na Figura 36 são apresentados as reduções no envio de dados de cada paciente

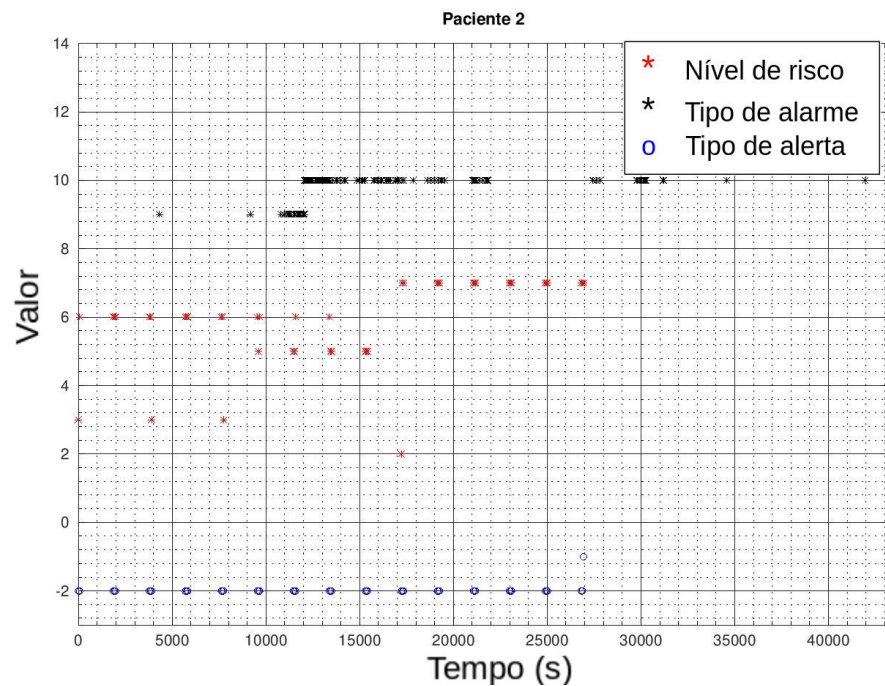


Figura 35 – Paciente 2 - Sinais do algoritmo fluxo

ao utilizar o algoritmo limiar ou ao utilizá-lo com o algoritmo fluxo. A figura mostra os resultados de todos os 36 pacientes para cada um dos algoritmos. A quantidade de dados e porcentagem de cada um deles. Economia de recursos, de envio/recebimento de dados, assim como a diminuição na quantidade de sinais processados o que leva a diminuir também o consumo de energia. Estes podem ser ganhos a mais ao utilizar o sistema EWS na proposta do QhS. Por fim, os dois algoritmos utilizam menos de 1% dos dados totais para informar alertas de risco baseados no protocolo de alerta precoce EWS.

Paciente	Completo	Fluxo	Limiar	% Fluxo	% Limiar	Paciente	Completo	Fluxo	Limiar	% Fluxo	% Limiar
1	43200	38	12	0,088	0,028	19	43200	74	27	0,171	0,063
2	43200	44	21	0,102	0,049	20	43200	74	27	0,171	0,063
3	43200	23	8	0,053	0,019	21	43200	74	27	0,171	0,063
4	43200	74	27	0,171	0,063	22	43200	74	27	0,171	0,063
5	43200	74	27	0,171	0,063	23	43200	44	16	0,102	0,037
6	43200	20	7	0,046	0,016	24	43200	74	27	0,171	0,063
7	43200	74	27	0,171	0,063	25	43200	74	27	0,171	0,063
8	43200	74	27	0,171	0,063	26	43200	74	27	0,171	0,063
9	43200	74	27	0,171	0,063	27	43200	74	27	0,171	0,063
10	43200	53	27	0,123	0,063	28	43200	74	27	0,171	0,063
11	43200	26	27	0,060	0,063	29	43200	74	27	0,171	0,063
12	42773	68	24	0,159	0,056	30	43200	74	27	0,171	0,063
13	43200	74	16	0,171	0,037	31	43200	74	27	0,171	0,063
14	43200	74	27	0,171	0,063	32	43200	74	27	0,171	0,063
15	43200	20	7	0,046	0,016	33	43200	141	18	0,326	0,042
16	43200	74	27	0,171	0,063	34	43200	74	27	0,171	0,063
17	43200	146	52	0,338	0,120	35	43200	74	27	0,171	0,063
18	43200	146	53	0,338	0,123	36	43200	74	27	0,171	0,063

Figura 36 – Resultados dos algoritmos de fluxo e limiar

A Figura 36 apresenta o resultado dos algoritmos de limiar e fluxo que reduzem

em menos de 1% todos os sinais de todos os 36 pacientes no período de observação de aproximadamente 12 horas, demonstrado que são reduzidos o número de sinais, consequentemente o fluxo na rede também é reduzido, inclusive diminuindo o consumo de energia, contudo, na próxima sessão (6.3) será explicado como foi possível a implementação da redução de energia junto a esta solução.

6.3 Corrente e transmissão

Os resultados da Figura 36 apresentaram que o uso do sistema EWS pode diminuir o consumo de energia e de dados, os gráficos a seguir exibem a diferença de consumo de corrente, no decorrer do tempo, quando o dispositivo é colocado apenas para aguardar, em modo sleep, o tempo de acordo com o risco calculado, e em modo sono profundo (deep-sleep). A Figura 37 apresenta o teste de transmissão com um intervalo de 15 segundos, colocando o dispositivo em sleep. Neste teste, os valores do AD do dispositivo têm valores variando entre 70 e 80. Já Figura 38, apresenta o teste de transmissão com um intervalo de 15 segundos, aproximadamente, colocando o dispositivo em deep-sleep. É demonstrado que durante o tempo em que o dispositivo está em deep-sleep existe uma redução dos valores de AD da corrente, entre 70 e 80, para muito próximo de zero. É possível adotar este método junto ao protocolo EWS para reduzir o consumo de energia e de rede.

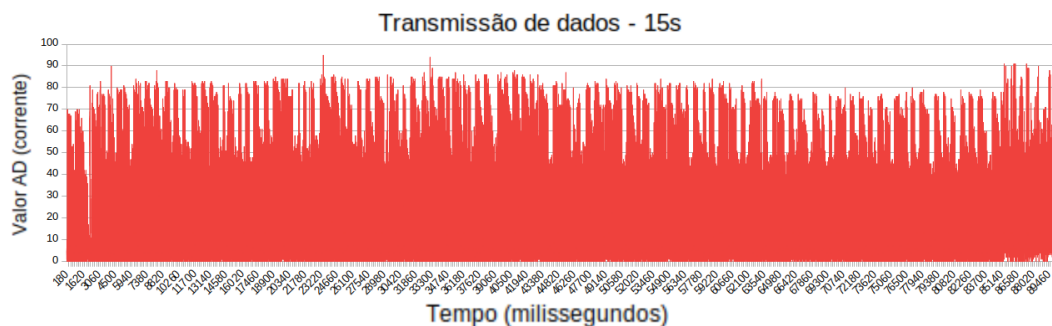


Figura 37 – Resultado da transmissão de dados a cada 15 segundos através do kit nodemcu ESP8266 em modo sleep

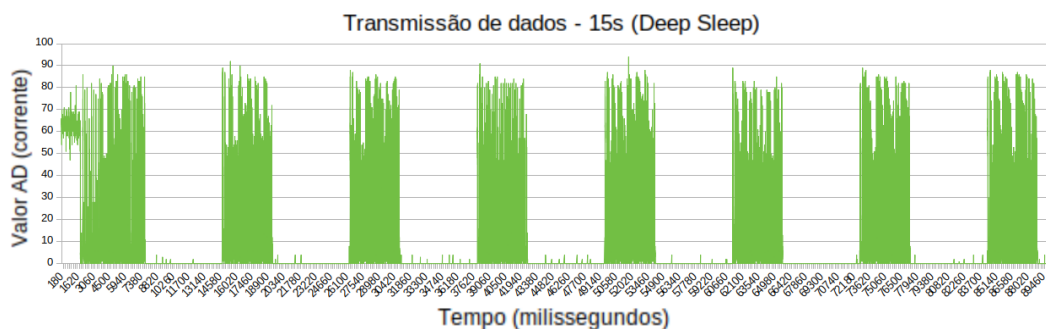


Figura 38 – Resultado da transmissão de dados a cada 15 segundos através do kit nodemcu ESP8266 em modo deep-sleep

Espera-se uma economia diretamente ligada ao uso do protocolo EWS. A Figura 36 apresenta a quantidade de dados monitorados durante o período de 12 horas. Com o uso de EWS, mesmo ao utilizar o algoritmo de Limiar ou de Fluxo, a economia com número de dados chega a 99%. Para cada transmissão, o ato de “acordar-transmitir-dormir” leva cerca de 6 segundos (Figura 38). Então, o número máximo de transmissões possíveis caso o dispositivo use uma bateria com duração de 12 horas seria de 7200 transmissões. E assim, com o resultado da Figura 36 no pior caso, tendo 146 transmissões a cada 12 horas, e no melhor caso, ocorrendo 20 transmissões a cada 12 horas. Estima-se uma duração de 4320 horas (180 dias) no melhor caso. E aproximadamente 604 horas (25 dias) no pior caso. Contudo, existe ainda um consumo muito pequeno, mesmo quando o dispositivo está em modo deep-sleep, estimando-se ainda uma redução nestes dois valores apresentados. Além disso, outras funcionalidades devem diminuir estas estimativas como: o uso do botão de pânico, o uso do acelerômetro para detectar a eventual queda do paciente e quando o paciente for atendido por alguém da equipe de saúde.

7 Conclusão

Este trabalho tem sua motivação inicial na demanda de dois hospitais, um privado e outro público. Em ambos a ideia era monitorar os sinais vitais do paciente da forma mais eficiente possível de modo a oferecer um atendimento preventivo e prioritário, seja domiciliar ou hospitalar. Associado a estes dois cenários, o LAR - Laboratório de Redes e Sistemas do IFCE Aracati, ao qual este trabalho está vinculado, já havia o LARIISA, uma plataforma de gestão inteligente de sistemas de saúde, resultado de dois estágios de pós-doutorado no Canadá (BRAGA et al., 2015; OLIVEIRA et al.,), em 2009. Uma das abordagens do LARIISA era o contexto (contexto-aware concept), um precursor da tecnologia IoT. O LARIISA gerou um produto desenvolvido pelo Instituto Atlântico denominado GISSA – Gestão Inteligente em Sistemas de Saúde, financiado pela Finep, e um protótipo desenvolvido no Laboratório de Redes e Sistemas (LAR) do IFCE, Campus Aracati denominado NextSAÚDE, que teve o suporte da Fundação de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Ceará – FUNCAP. Tanto o GISSA quanto o NextSAUDE fazem parte de um MVP em desenvolvimento por uma startup na área de saúde. A demanda dos dois hospitais era compatível com dezenas de trabalhos científicos e protótipos implementado no LAR, o que facilitou sobremaneira a decisão de se investir na direção apontada. Em ambos os casos, a proposta era monitorar o paciente para melhorar a qualidade de atendimento. A opção pela tecnologia IoT foi imediata devido a natureza do cenário do problema, identificado como a necessidade de captação de sinais vitais de saúde dos pacientes, aspectos de interoperabilidade operacionais, processamento na produção de informações e alarmes, e serviços de computação em nuvem. A ideia evoluiu para a definição de um ambiente que contemplasse também o atendimento domiciliar e o hospitalar, além de um sistema de priorização de dados em dois níveis: o protocolo EWS na camada de aplicação e do Diffserv na camada de rede. A combinação destes dois mecanismos no cenário de aplicação definido para atender a demanda resultaram no processo de otimização, aqui denominado Quality of Health Service. Durante a implementação do QhS ficou demonstrado a viabilidade de se utilizar os sensores de temperatura, batimentos e o oxímetro, para facilitar o trabalho de aferição desses sinais vitais, diminuindo o risco de erro humano para estas anotações. Além disso, a proposta também poderia diminuir o tempo de solicitação de atendimento, através do botão de chamado/pânico, como poderia melhorar o tempo em que a equipe de saúde chega ao paciente/usuário e transformar em dados o número de atendimentos realizados. A partir dos aplicativos móveis seria possível enviar e visualizar os dados tanto para equipe de saúde quando a equipe de monitoramento. A importância de todas estas implementações para a instituição lhe ajudaria na acurácia nos dados e qualidade nas informações sobre os dados dos pacientes e dos atendimentos

realizados pela equipe de saúde. Vale ressaltar que o uso do sistema EWS tem importância em 3 aspectos na definição da solução QhS proposta: primeiro, na avaliação de risco do paciente, a qual torna essa avaliação automatizada e monitorada. Em segundo, na priorização de dados para o serviço de monitoramento. E em terceiro para diminuir o consumo de energia e de banda para o serviço de monitoramento, tornando-o mais efetivo e eficaz em relação a problemas com bateria e largura de banda da rede. Outra importante parte deste trabalho é o uso do dispositivo em casa. Neste cenário, a equipe de monitoramento poderia perceber o nível de risco e tomar as medidas necessárias para qualquer intervenção, tais como solicitar ao cuidador ou ao familiar que algo seja feito ou ficarem em alerta para tomar qualquer medida. Assim, a principal contribuição deste trabalho é a combinação dos protocolos Diffserv e EWS na otimização do tráfego de dados no sistema informações de monitoramento e alertas, o que resulta também na economia de energia, parâmetro ainda vital nos dispositivos IoT. Outro aspecto relevante no QhS é a comparação de duas abordagens diferentes do uso do protocolo EWS na definição do risco do usuário. A solução proposta possibilitou priorizar o atendimento aos pacientes mais graves e desligar o sistema quando se encontra inativo na transmissão de informação. Esta prioridade no atendimento aos pacientes pelo sistema EWS é reforçada no nível de transmissão de dados pela tecnologia Diffserv, privilegiando o tráfego dos dados classificados pelos sistemas EWS na rede. Finalmente, a proposta QhS, além de um modelo de otimização original, propõe um cenário moderno e pragmático do uso do IoT em saúde com o grande potencial de tornar-se um produto para hospitais públicos e privados.

Trabalhos futuros

Os dados coletados pelos dispositivos IoT no sistema QhS são processados na nuvem e enviados para alimentar informações e alertas nos dashboards e aplicativos nos smartphones. No entanto, nenhum tratamento inteligente é feito no sistema proposto. Como trabalhos futuros pode-se realizar um estudo com inteligência artificial com o objetivo de:

- Utilizar modelos para prevenir ou diagnosticar doenças cruzando padrões existentes em bases histórias (datamining activity) com dados dos sinais vitais adquiridos e dos dados de históricos dos pacientes.
- Identificar qual o profissional mais indicado para um determinado paciente de acordo com seu estado, perfil do paciente ou com atendimentos já realizados.
- Adicionar mecanismos de comunicação baseados em PLN, tipo chatbots, nos sistemas de interação dos pacientes com o QhS.
- Otimizar a concepção do formato do protótipo e fazer o estudo de escalabilidade.

Outros trabalhos que podem ser realizados são em busca de melhorar e testar outras tecnologias em relação aos tipos de rede e/ou seus protocolos como:

-
- Comparar resultados de prioridade da rede com outros protocolos como o MPLS ou WebRTP.
 - Realizar estudos sobre o uso de tecnologias LPWAN (LoRa ou SigFox).

Referências

AVARD, B. et al. Training Manual for The National Early Warning Score and associated Education Programme. *Health Service Executive*, n. June, 2011. Citado 5 vezes nas páginas 9, 11, 26, 45 e 48.

BELLOMO, R. et al. A controlled trial of electronic automated advisory vital signs monitoring in general hospital wards. *Critical Care Medicine*, v. 40, n. 8, p. 2349–2361, 2012. ISSN 00903493. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 31.

BLAKE, S. et al. IETF RFC2475: An architecture for differentiated services. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2013. ISSN 1098-6596. Citado na página 27.

BORODIN, A. et al. Architectural approach to the multisource health monitoring application design. *2015 17th Conference of Open Innovations Association (FRUCT)*, p. 16–21, 2015. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=7117965>>. Citado na página 41.

BRAGA, D. M. et al. Um Protótipo de Atenção Domiciliar baseado em Micro controladores e Sensores para o Projeto NextSAÚDE. *INFOBRASIL*, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 56.

BRASIL. *PORTARIA Nº 2048, DE 5 DE NOVEMBRO DE 2002*. 2002. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2002/prt2048_05_11_2002.html>. Citado na página 16.

BRASIL. *PORTARIA Nº 354, DE 10 DE MARÇO DE 2014*. 2014. Disponível em: <http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2014/prt0354_10_03_2014.html>. Citado na página 16.

CERINA, L. et al. A fog-computing architecture for preventive healthcare and assisted living in smart ambients. *2017 IEEE 3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)*, p. 1–6, 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8065939/>>. Citado 4 vezes nas páginas 24, 25, 29 e 33.

CUSTURA, A.; SECCHI, R.; FAIRHURST, G. Exploring DSCP modification pathologies in the internet. *Computer Communications*, v. 127, n. June 2018, p. 86–94, 2018. ISSN 01403664. Citado na página 28.

EVANS, D. The Internet of Things The Internet of Things. *Scientific American*, n. February, p. 13–15, 2011. ISSN 1461-4448, 1461-7315. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 23.

GARDINI, L. M.; ANDRADE, L. O. M.; OLIVEIRA, M. Cross-cutting concerns: Improving an intelligent system for decision making in healthcare. p. 1–6. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 21.

GIA, T. N. et al. Low-cost fog-assisted health-care IoT system with energy-efficient sensor nodes. *2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2017*, p. 1765–1770, 2017. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 33.

- GIL, D. et al. Internet of things: A review of surveys based on context aware intelligent services. *Sensors (Switzerland)*, v. 16, n. 7, p. 1–23, 2016. ISSN 14248220. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- GONÇALVES, L. H. T. et al. Perfil da família cuidadora de idoso doente/fragilizado do contexto sociocultural de florianópolis, sc. *Texto Contexto Enferm*, v. 15, n. 4, p. 570–7, 2006. Citado na página 16.
- HABIB, C. et al. Multisensor Data Fusion for Patient Risk Level Determination and Decision-support in Wireless Body Sensor Networks. *Proceedings of the 19th ACM International Conference on Modeling, Analysis and Simulation of Wireless and Mobile Systems - MSWiM '16*, p. 221–224, 2016. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2988287.2989173>>. Citado na página 32.
- HABIB, C. et al. Self-Adaptive Data Collection and Fusion for Health Monitoring Based on Body Sensor Networks. v. 12, n. 6, p. 2342–2352, 2016. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 33.
- JAGER, D. D. et al. A low-power simplified-MEWS scoring device for patient monitoring. *2010 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, Pervasive Health 2010*, p. 10–13, 2010. Citado na página 29.
- KEVIN, A. That ' Internet of Things ' Thing. *RFiD Journal*, p. 4986, 2010. ISSN 00280836. Citado na página 23.
- KODALI, R. K.; SWAMY, G.; LAKSHMI, B. An implementation of IoT for healthcare. *2015 IEEE Recent Advances in Intelligent Computational Systems, RAICS 2015*, n. December, p. 411–416, 2016. Citado na página 41.
- KRISHNA, B. V. S.; GNANASEKARAN, T. A systematic study of security issues in internet-of-things (iot). p. 107–111, Feb 2017. Citado 2 vezes nas páginas 15 e 23.
- LIU, C. H. et al. The analysis for the auxiliary telemedicine system QoS. *NCM 2009 - 5th International Joint Conference on INC, IMS, and IDC*, p. 1546–1551, 2009. Citado na página 32.
- LOPES, V. et al. TV-Health: A Context-Aware Health Care Application for Brazilian Digital TV. *Proceedings of the 22Nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web*, p. 103–106, 2016. Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/2976796.2988170>>. Citado na página 29.
- LOPES, V. d. C. M. Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do ceará pró-reitoria de pesquisa, pós-graduação e inovação programa de pós-graduação em ciência da computação. 2017. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 21.
- LYYTINEN, K.; YOO, Y. Issues and challenges in ubiquitous computing. *Commun. ACM*, v. 45, n. 12, p. 62–65, 2002. ISSN 14702738. Citado na página 23.
- MELO, E. R. R. Vite das coisas: Uma solução para urgência e emergência em sistemas de saúde. 2017. Citado na página 37.

- MENDES, T. d. J. M. Avaliação de um protocolo de acolhimento com classificação de risco em relação à capacidade de prever o desfecho clínico. 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/22/22134/tde-11082017-193016/en.php>>. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 18.
- MOON, A. et al. An eight year audit before and after the introduction of modified early warning score (MEWS) charts, of patients admitted to a tertiary referral intensive care unit after CPR. *Resuscitation*, v. 82, n. 2, p. 150–154, 2011. ISSN 03009572. Citado na página 32.
- OLIVEIRA, M. et al. A Context-Aware Framework for Health Care Governance Decision-Making Systems. Citado 3 vezes nas páginas 19, 21 e 56.
- physionet. *Multiple In-telligent Monitoring in Intensive Care (MIMIC) II*. 2016. Disponível em: <<https://www.physionet.org/mimic2/>>. Acesso em: 22 fevereiro 2018. Citado 3 vezes nas páginas 9, 43 e 44.
- RAY, P.; MILANO, P.; GANZ, A. mHealth Technologies for Chronic Diseases and Elders : A Systematic Review mHealth Technologies for Chronic Diseases and Elders : A Systematic Review. v. 31, n. September, p. 6–18, 2013. Citado na página 23.
- RAY, P. P. A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, King Saud University, n. October, 2016. ISSN 22131248. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jksuci.2016.10.003>>. Citado 4 vezes nas páginas 9, 17, 23 e 25.
- ROWLEY, J. The wisdom hierarchy: Representations of the DIKW hierarchy. *Journal of Information Science*, v. 33, n. 2, p. 163–180, 2007. ISSN 01655515. Citado na página 15.
- RUELA, J. Qualidade de Serviço em Redes IP - Redes de Banda Larga. *Feup/Deec*, v. 1, p. 30, 2009. Citado 3 vezes nas páginas 9, 27 e 28.
- SERGEY, M.; NIKOLAY, S.; SERGEY, E. Cyber security concept for Internet of Everything (IoE). *2017 Systems of Signal Synchronization, Generating and Processing in Telecommunications, SINKHROINFO 2017*, 2017. Citado na página 15.
- SKALA, K. et al. Scalable Distributed Computing Hierarchy: Cloud, Fog and Dew Computing. *Open Journal of Cloud Computing*, v. 2, n. 1, p. 16–24, 2015. ISSN 2199-1987. Citado 3 vezes nas páginas 9, 24 e 25.
- TEIXEIRA, C. C. et al. Vital Signs Measurement: an Indicator of Safe Care Delivered To Elderly Patients. *Texto & Contexto - Enfermagem*, v. 24, n. 4, p. 1071–1078, 2015. ISSN 0104-0707. Citado na página 42.
- WANG, Y. Cloud-dew architecture. *International Journal of Cloud Computing*, v. 4, n. 3, p. 199, 2015. ISSN 2043-9989. Disponível em: <<http://www.inderscience.com/link.php?id=71717>>. Citado 3 vezes nas páginas 9, 24 e 25.
- WANG, Y. *The initial definition of dew computing*. 2015. Disponível em: <<http://www.dewcomputing.org/index.php/2015/11/10/the-initial-definition-of-dew-computing>>. Citado na página 25.

WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific American (International Edition)*, v. 265, n. 17, p. 66–75, 1991. ISSN 0036-8733. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=993141>>. Citado na página 15.

WEISER, M. Some computer science issues in ubiquitous computing. *Commun. ACM*, v. 36, n. 16, p. 75–84, 1993. ISSN 15591662. Citado na página 15.

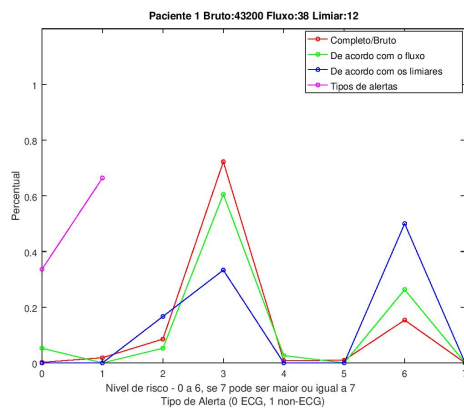
WEISER, M. Open House. *Rank Xerox PARC*, n. March, 1996. Disponível em: <<http://scholar.google.com/scholar?hl=en{%&}btnG=Search{%&}q=intitle:Open+H>>. Citado na página 15.

XU, L. D.; HE, W.; LI, S. Internet of things in industries: A survey. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 10, n. 4, p. 2233–2243, Nov 2014. ISSN 1551-3203. Citado na página 23.

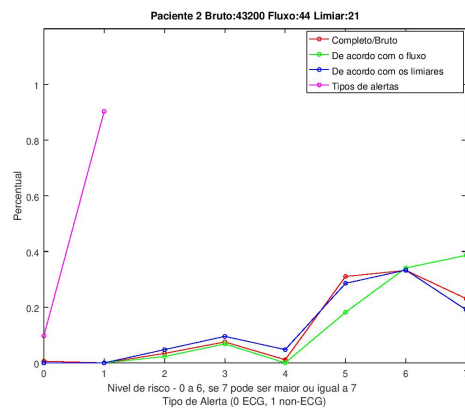
ZARABZADEH, A. et al. Features of electronic early warning systems which impact clinical decision making. *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems*, p. 2–5, 2012. ISSN 10637125. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

ANEXO A – Resultados - Frequências - Completos, Limiar e Fluxo

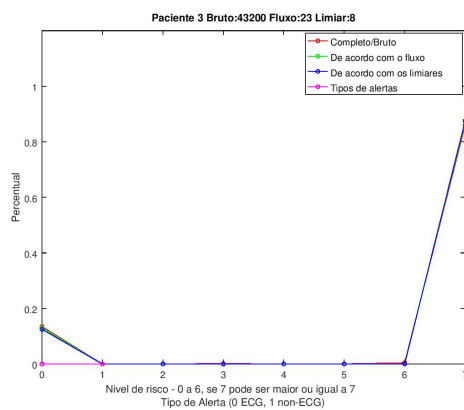
As Figuras abaixo representam as comparações entre as frequências de risco do dados completos usando EWS e aplicação dos algoritmos de limiar e fluxo.



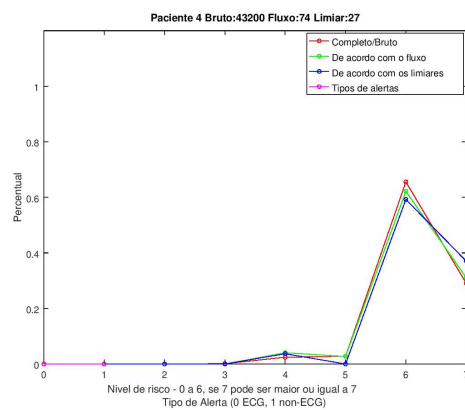
(a) Paciente 1



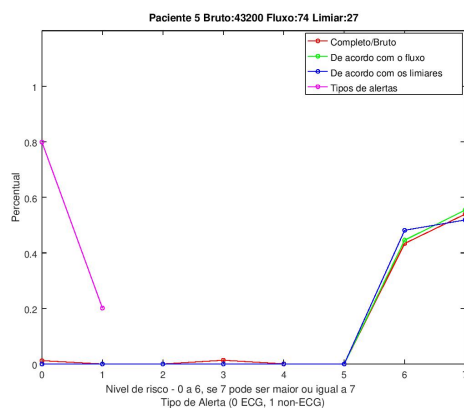
(b) Paciente 2



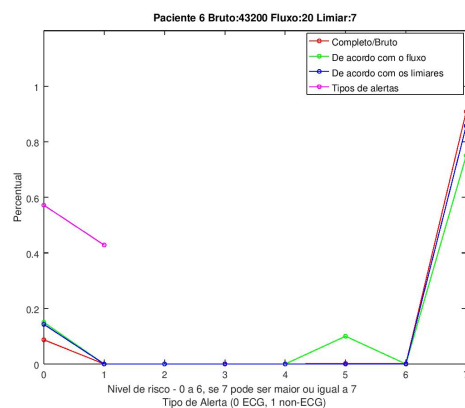
(c) Paciente 3



(d) Paciente 4

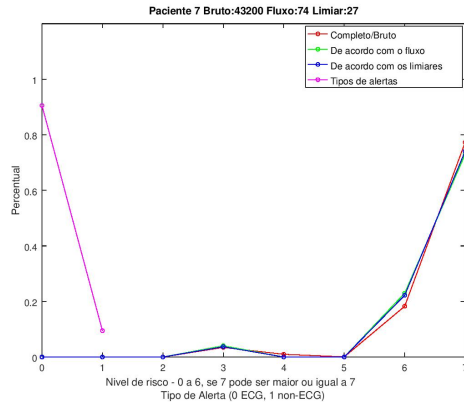


(e) Paciente 5

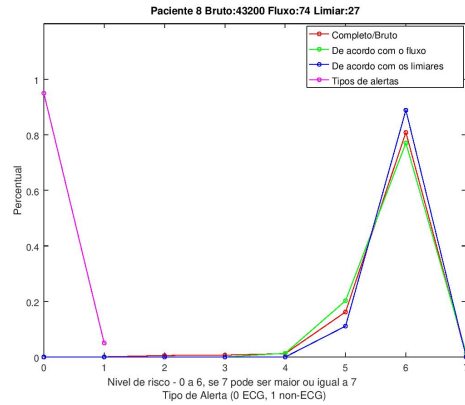


(f) Paciente 6

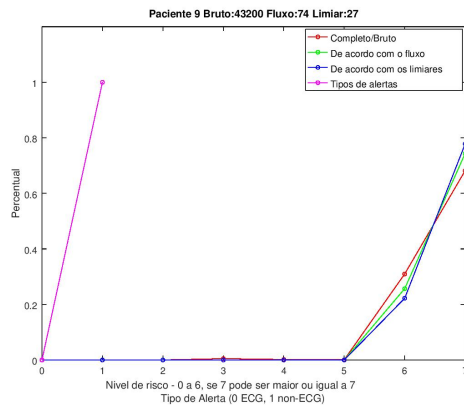
Figura 39 – Pacientes 1 ao 6



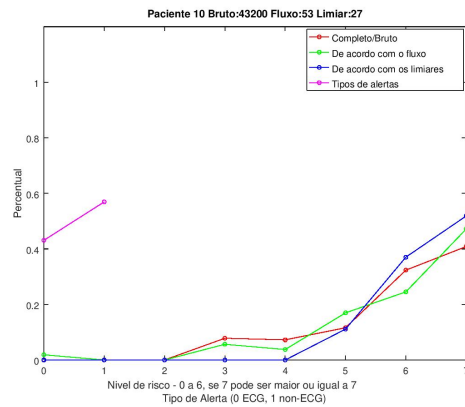
(a) Paciente 7



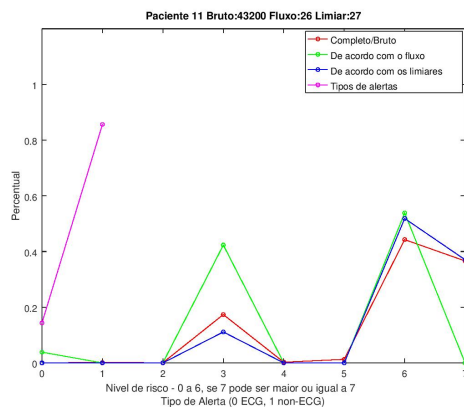
(b) Paciente 8



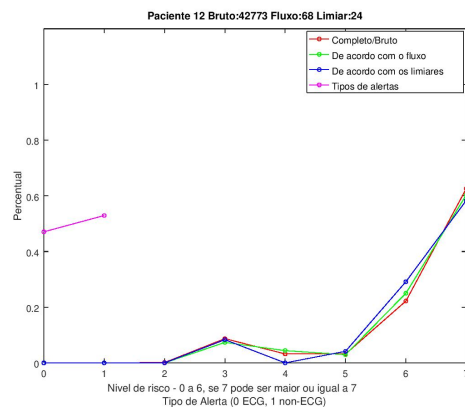
(c) Paciente 9



(d) Paciente 10

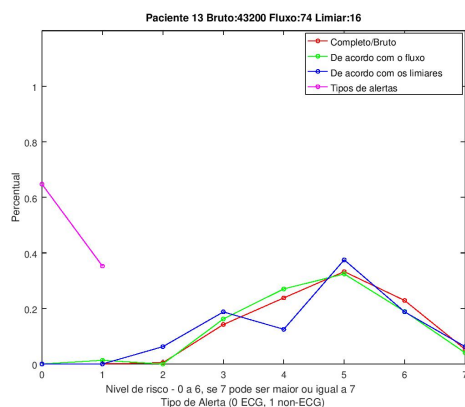


(e) Paciente 11

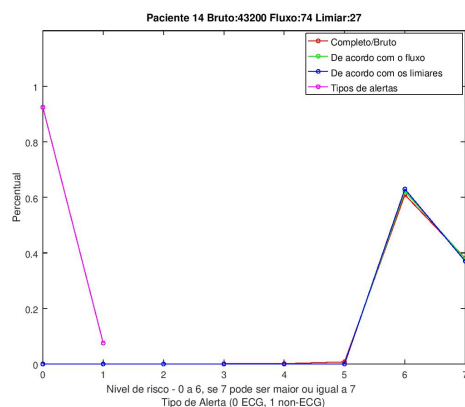


(f) Paciente 12

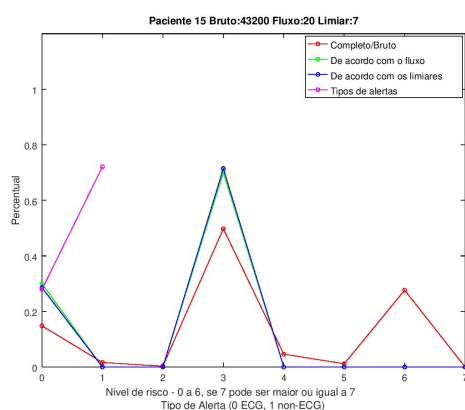
Figura 40 – Pacientes 7 ao 12



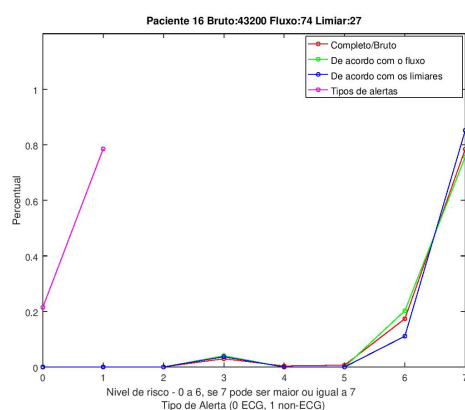
(a) Paciente 13



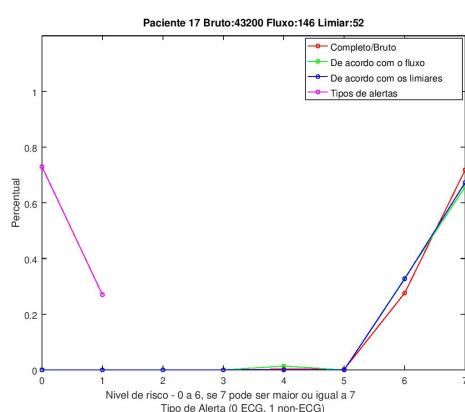
(b) Paciente 14



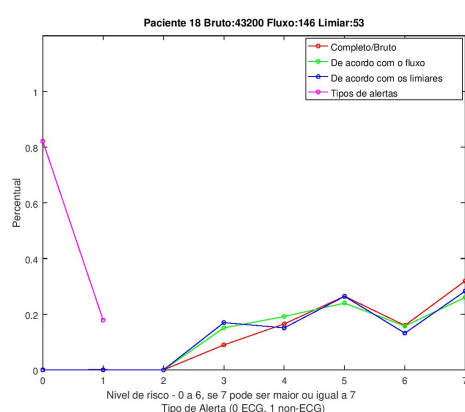
(c) Paciente 15



(d) Paciente 16

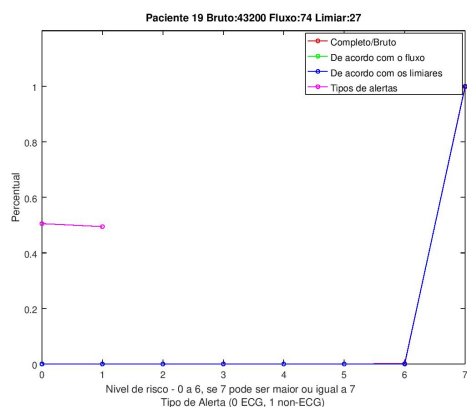


(e) Paciente 17

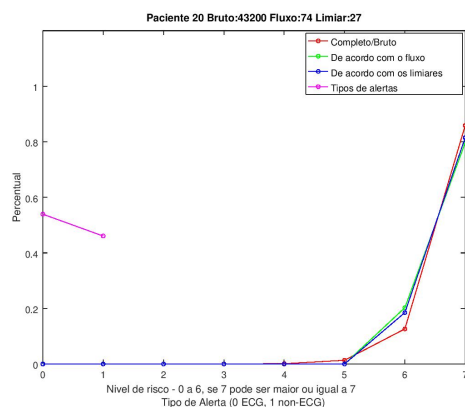


(f) Paciente 18

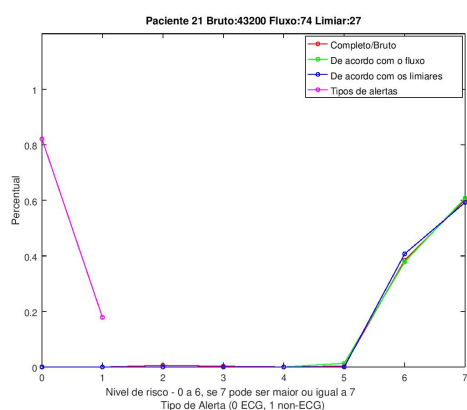
Figura 41 – Pacientes 13 ao 18



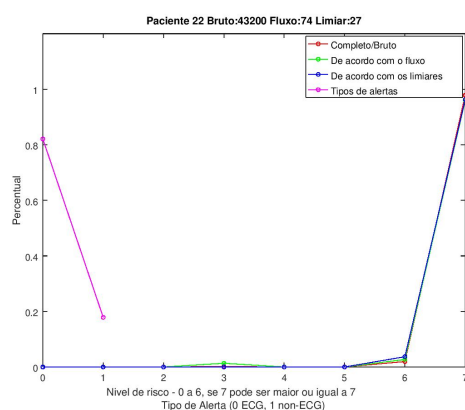
(a) Paciente 19



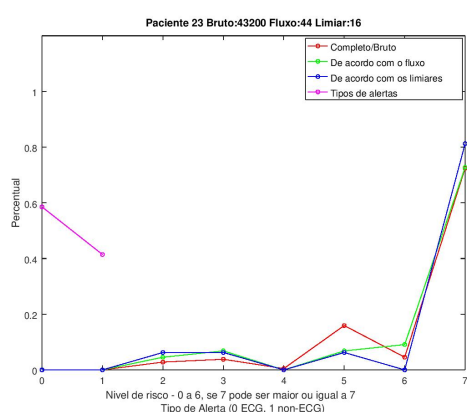
(b) Paciente 20



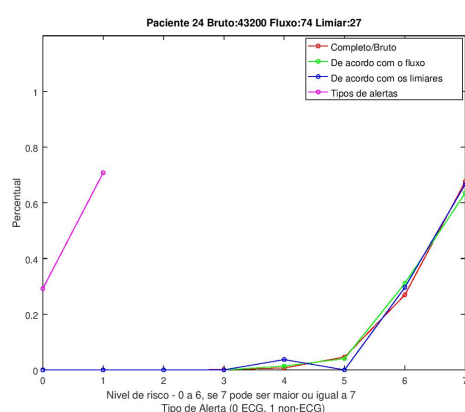
(c) Paciente 21



(d) Paciente 22

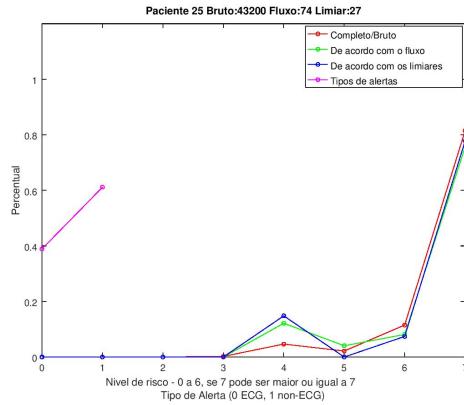


(e) Paciente 23

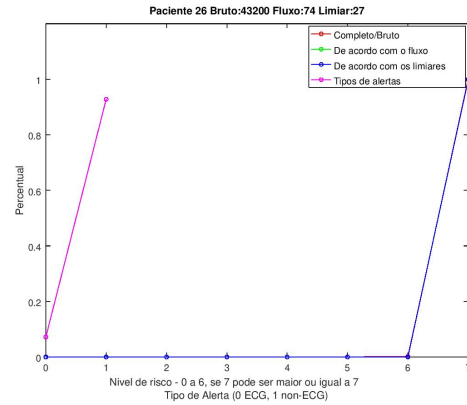


(f) Paciente 24

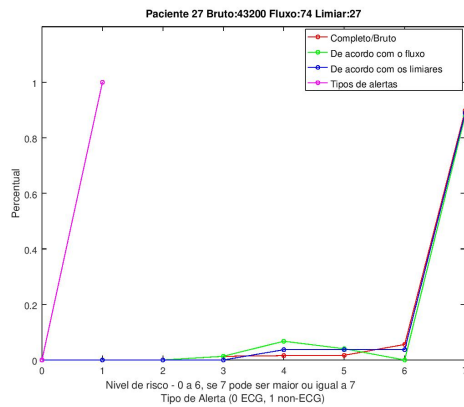
Figura 42 – Pacientes 19 ao 24



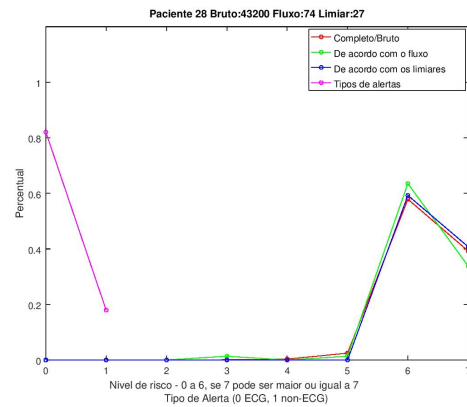
(a) Paciente 25



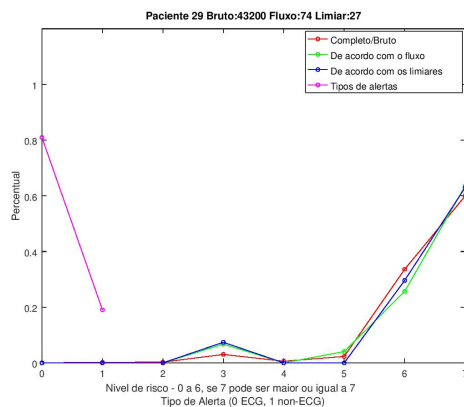
(b) Paciente 26



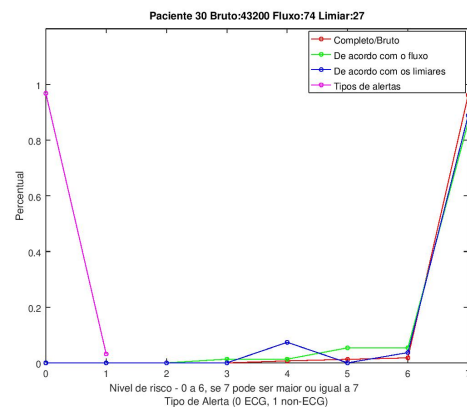
(c) Paciente 27



(d) Paciente 28

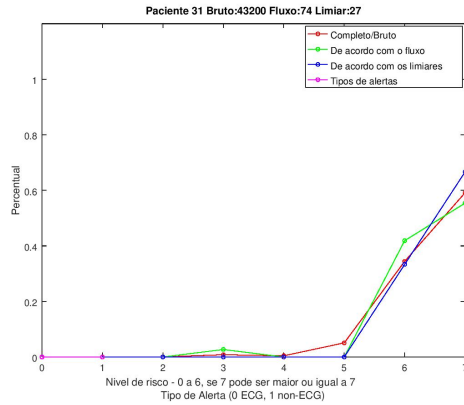


(e) Paciente 29

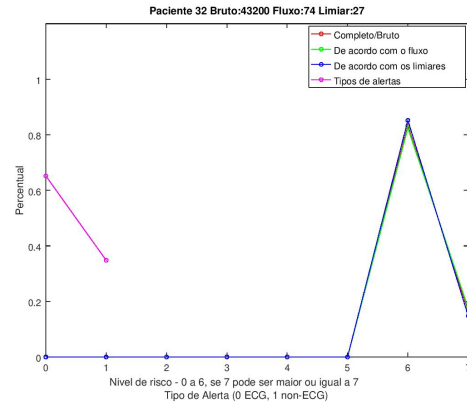


(f) Paciente 30

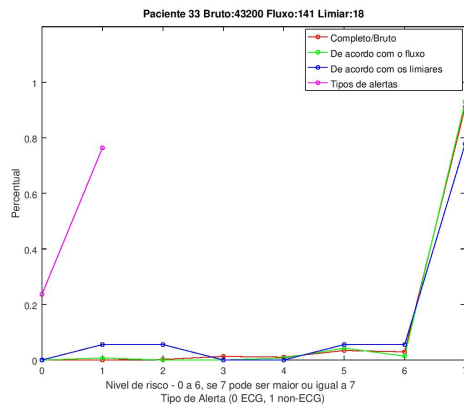
Figura 43 – Pacientes 24 ao 30



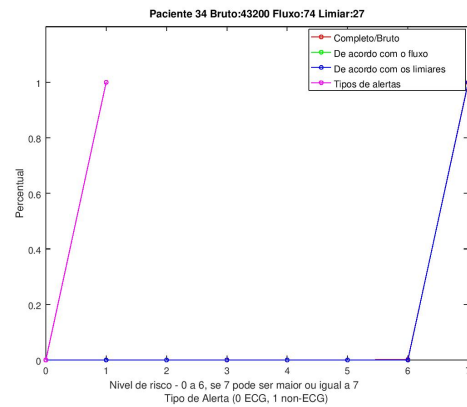
(a) Paciente 31



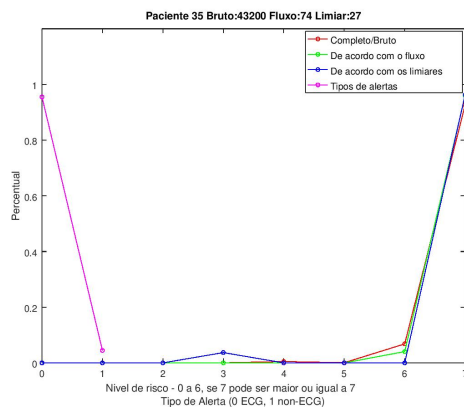
(b) Paciente 32



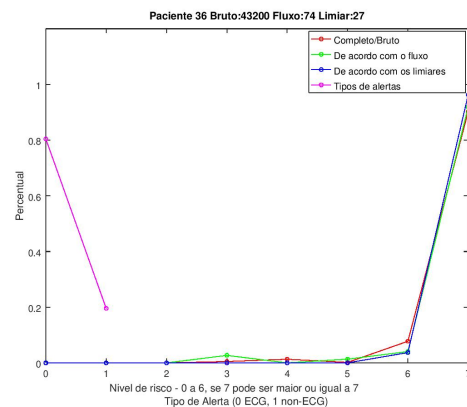
(c) Paciente 33



(d) Paciente 34



(e) Paciente 35



(f) Paciente 36

Figura 44 – Pacientes 31 ao 36

ANEXO B – Resultados

As Figuras abaixo foram separadas em 3 seções e representam os resultados: I - Dados completos usando EWS. II - Aplicação do algoritmo de limiar EWS. III - Algoritmo de fluxo EWS. Estes gráficos têm 33 dos 36 pacientes, pois os pacientes 3, 4 e 33, não tinham dados de alertas para participarem destas análises.

B.1 I - Dados completos usando EWS

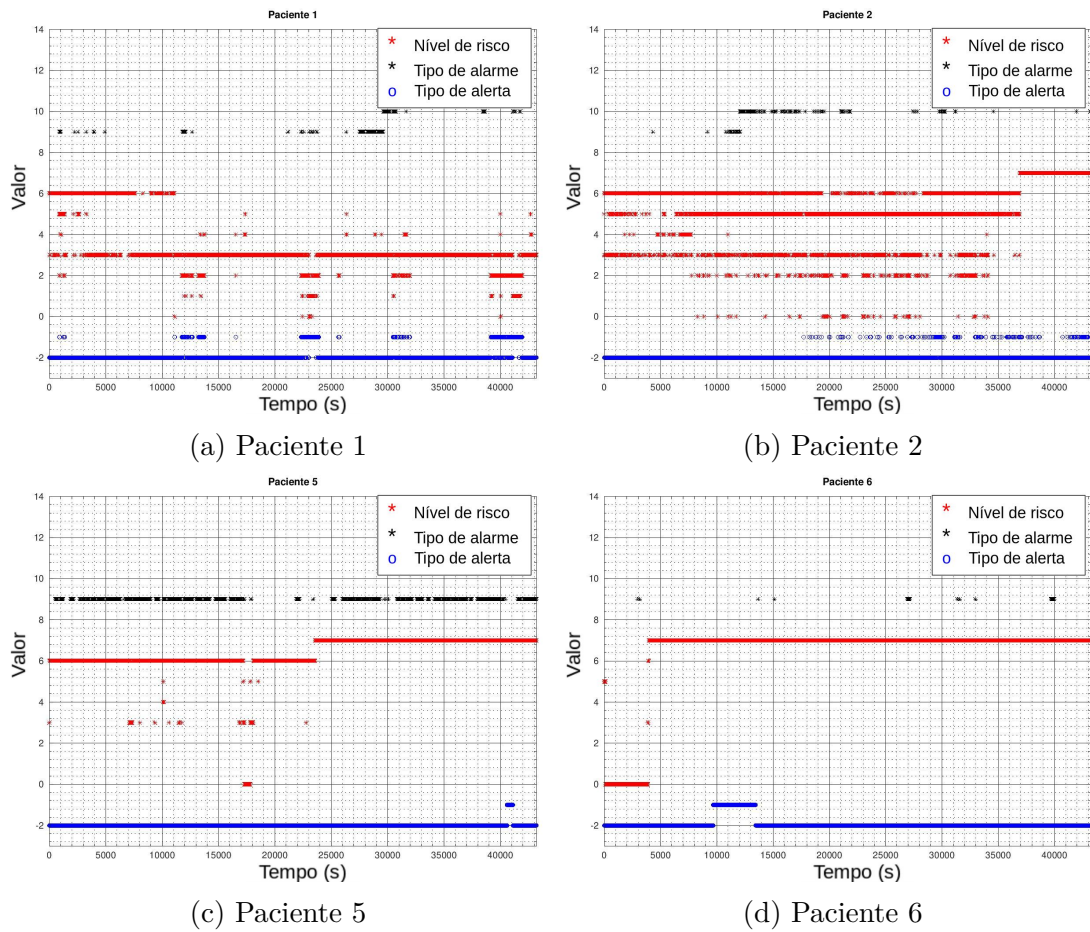
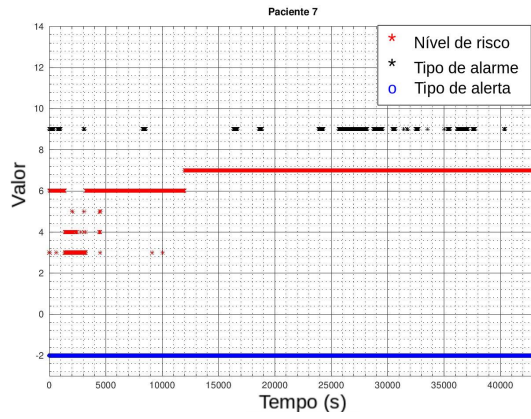
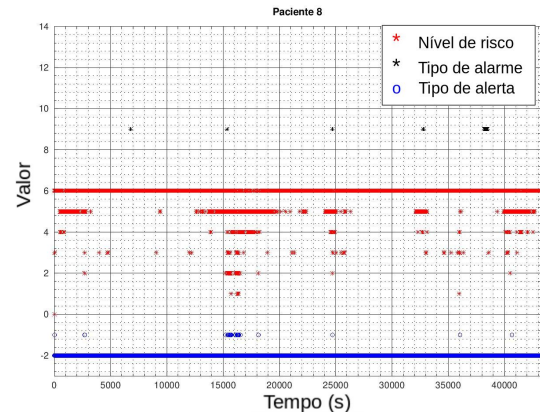


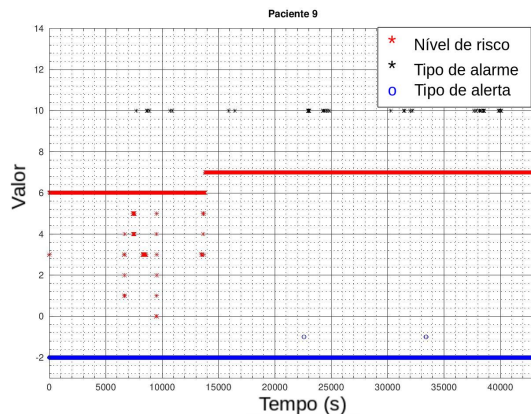
Figura 45 – Pacientes 1, 2, 5 e 6



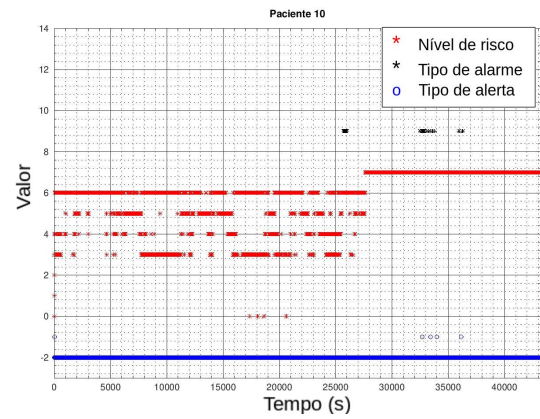
(a) Paciente 7



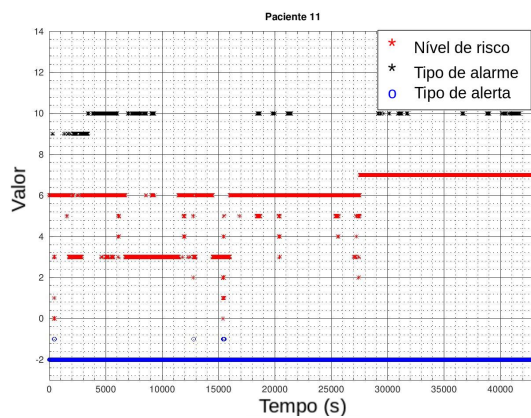
(b) Paciente 8



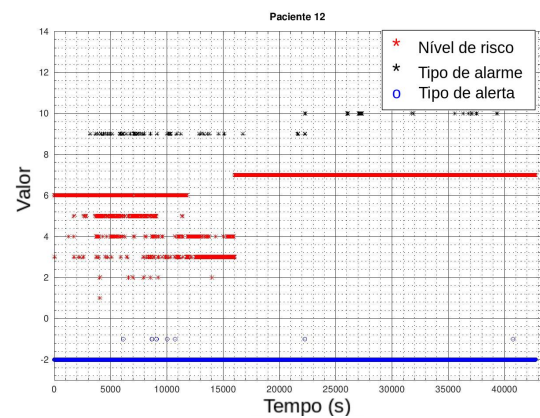
(c) Paciente 9



(d) Paciente 10

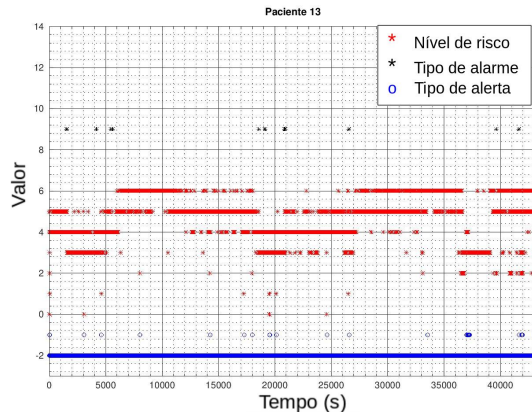


(e) Paciente 11

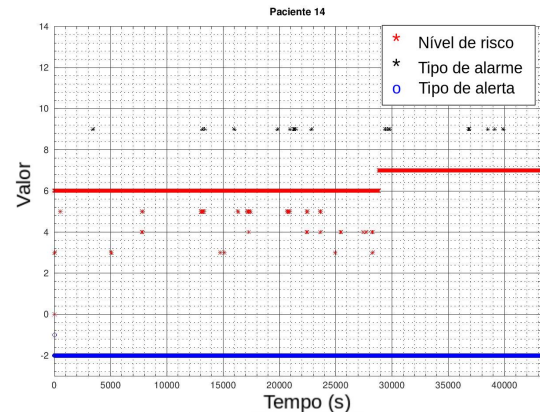


(f) Paciente 12

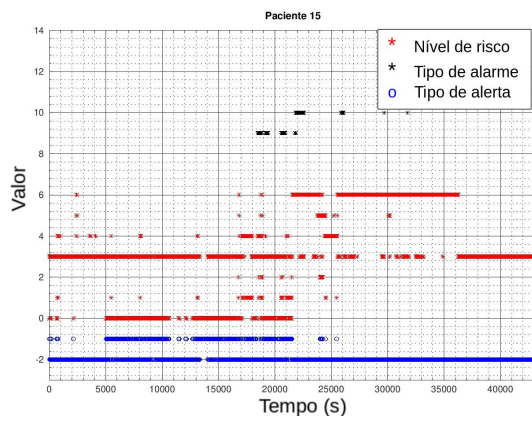
Figura 46 – Pacientes 7 ao 12



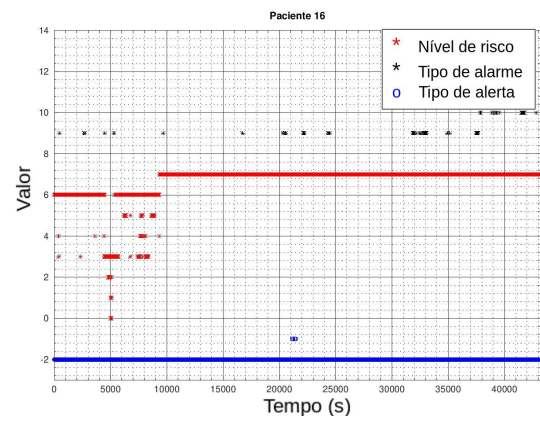
(a) Paciente 13



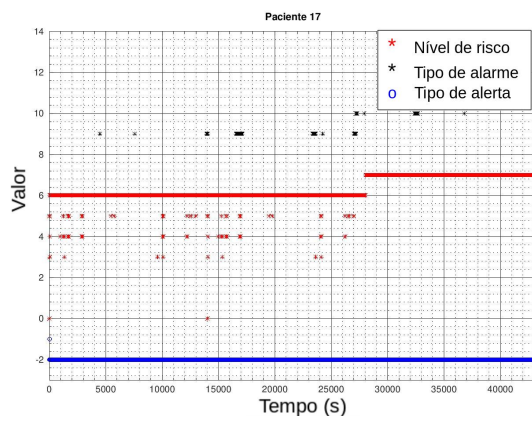
(b) Paciente 14



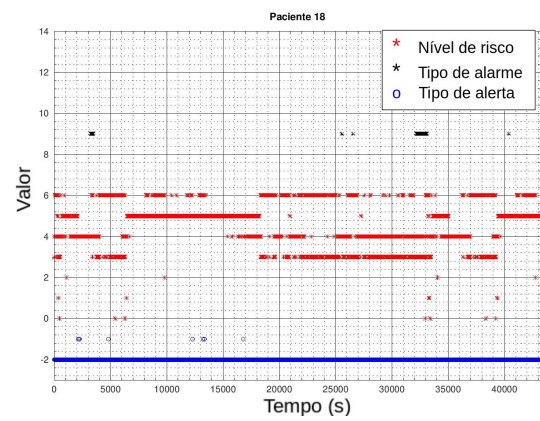
(c) Paciente 15



(d) Paciente 16

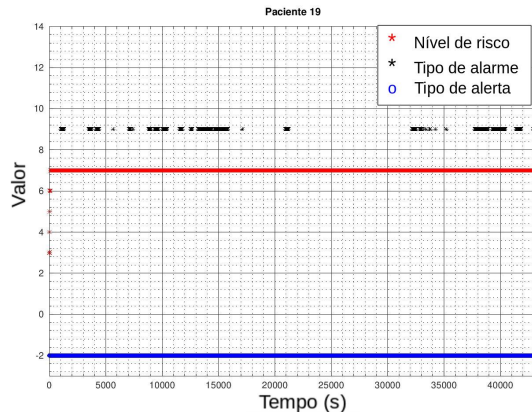


(e) Paciente 17

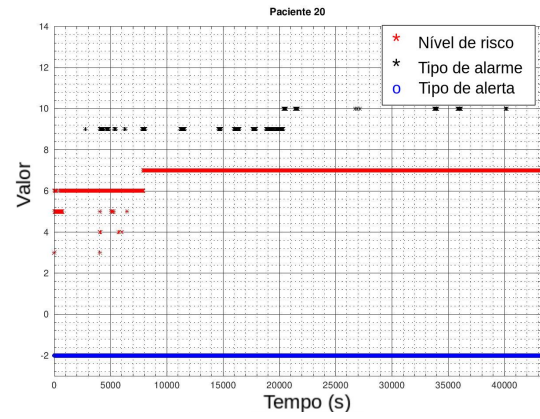


(f) Paciente 18

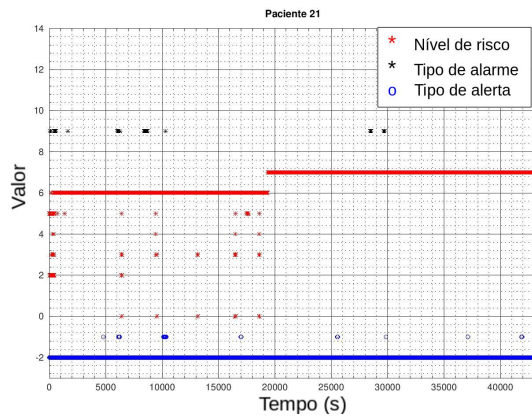
Figura 47 – Pacientes 13 ao 18



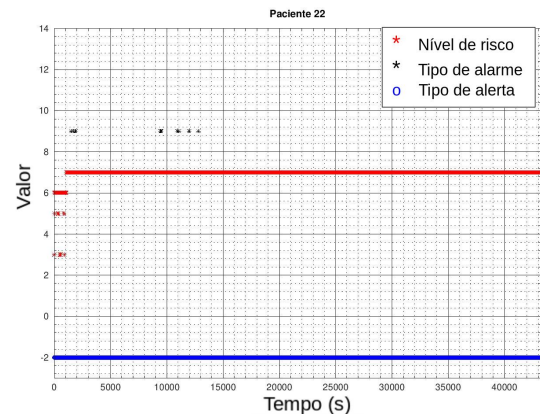
(a) Paciente 19



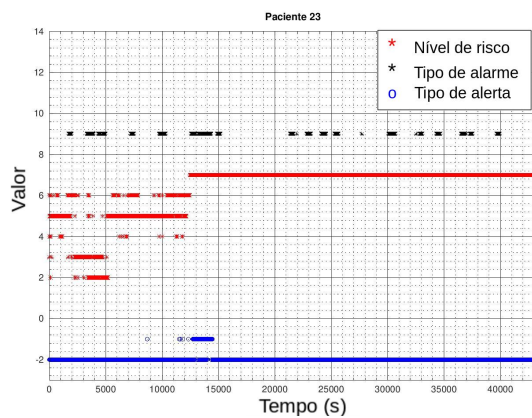
(b) Paciente 20



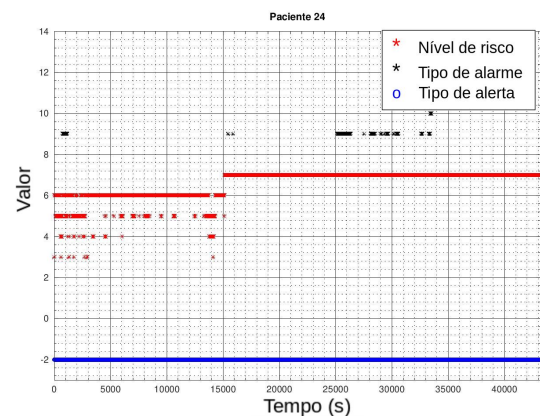
(c) Paciente 21



(d) Paciente 22

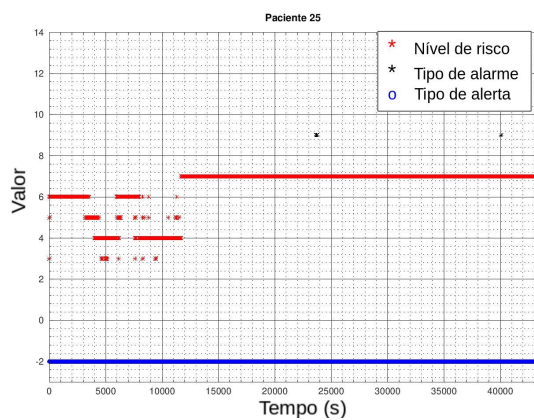


(e) Paciente 23

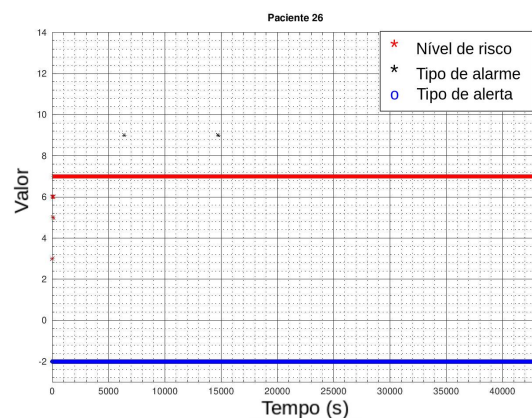


(f) Paciente 24

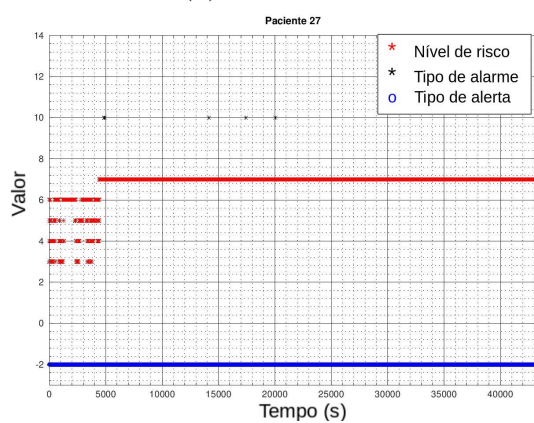
Figura 48 – Pacientes 19 ao 24



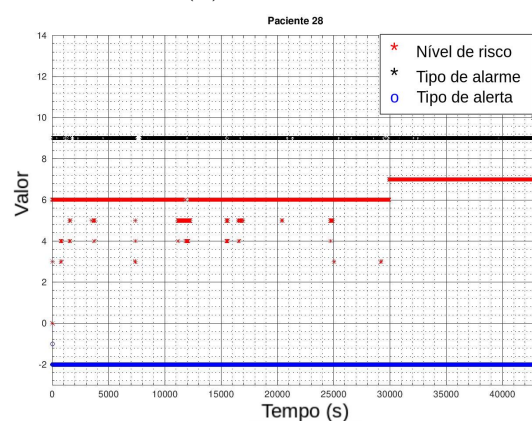
(a) Paciente 25



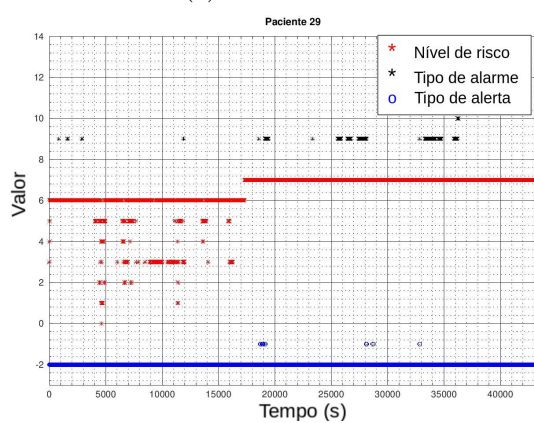
(b) Paciente 26



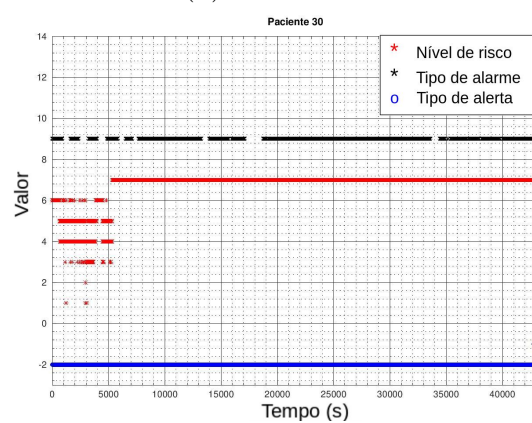
(c) Paciente 27



(d) Paciente 28

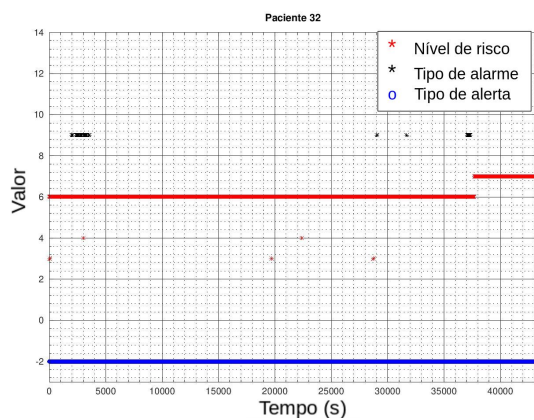


(e) Paciente 29

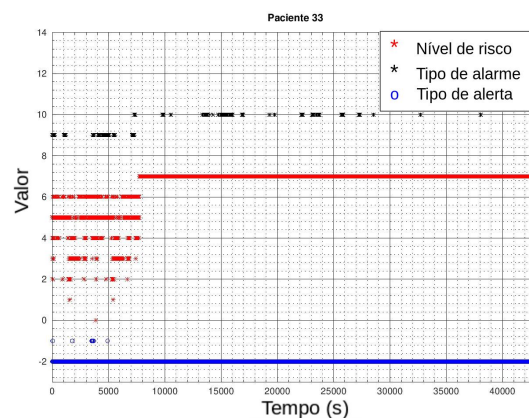


(f) Paciente 30

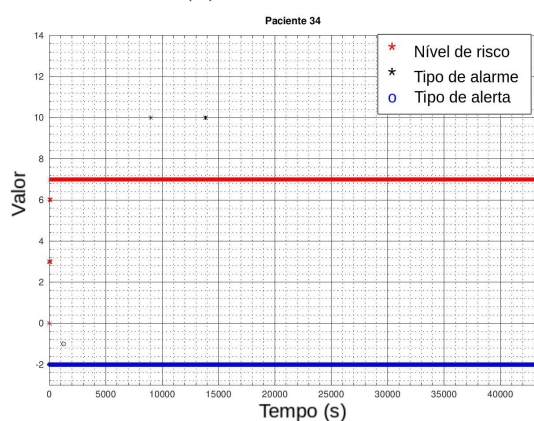
Figura 49 – Pacientes 24 ao 30



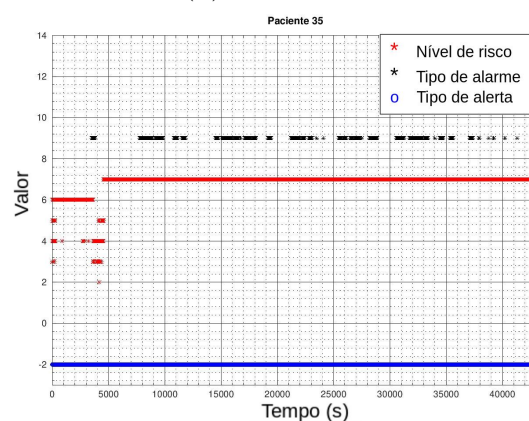
(a) Paciente 32



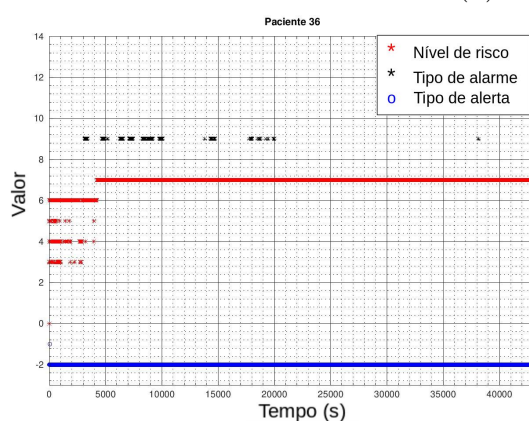
(b) Paciente 33



(c) Paciente 34



(d) Paciente 35



(e) Paciente 36

Figura 50 – Pacientes 32 ao 36

B.2 II - Aplicação do algoritmo de limiar EWS

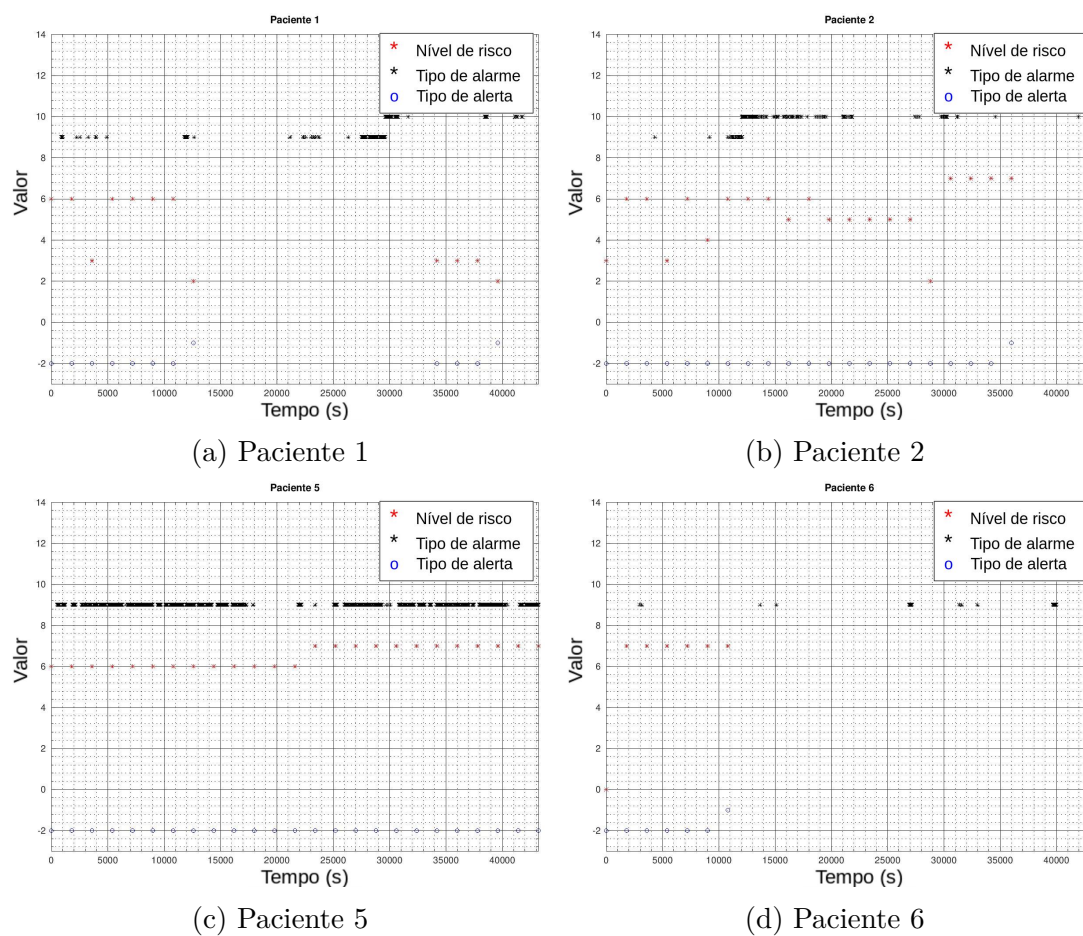
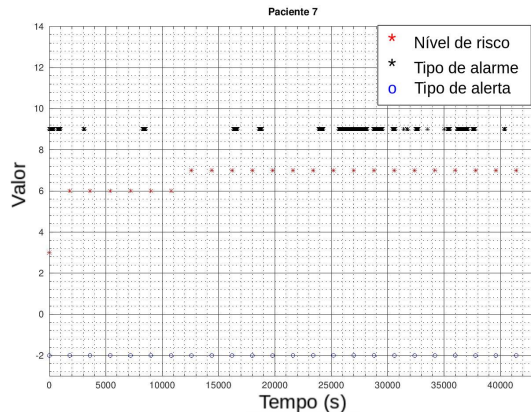
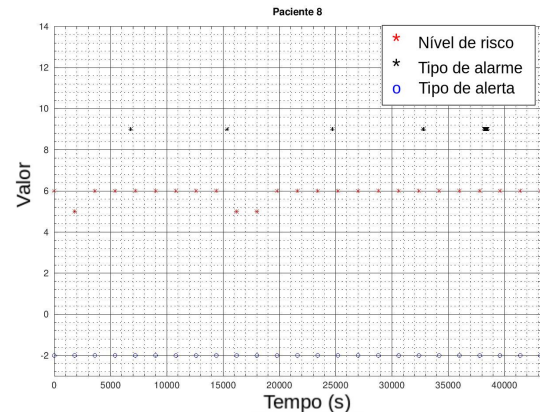


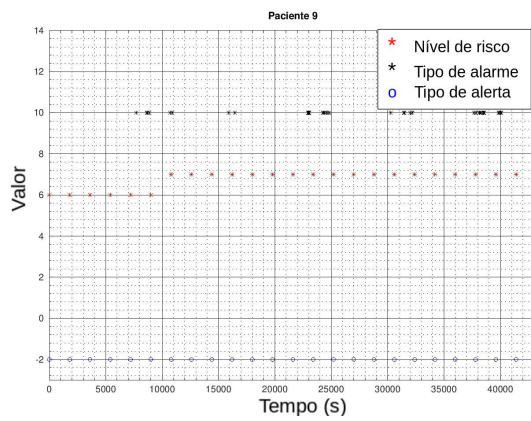
Figura 51 – Pacientes 1, 2, 5 e 6



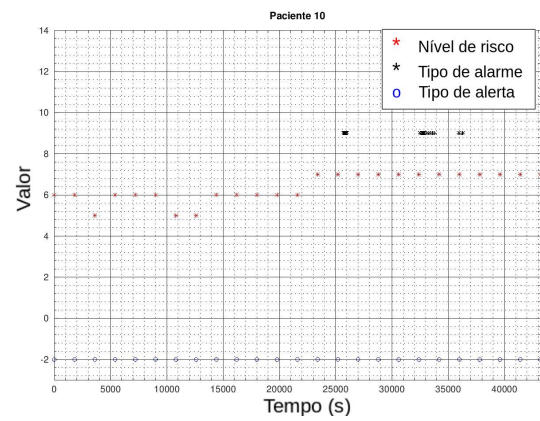
(a) Paciente 7



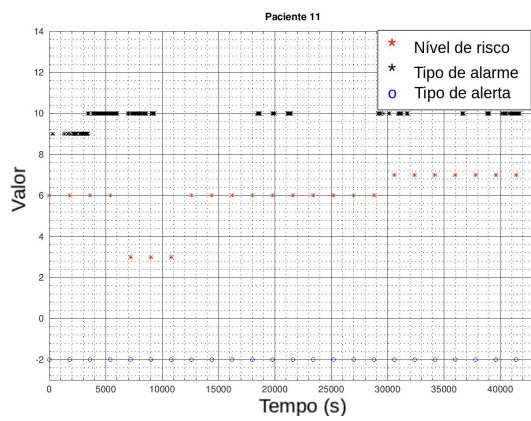
(b) Paciente 8



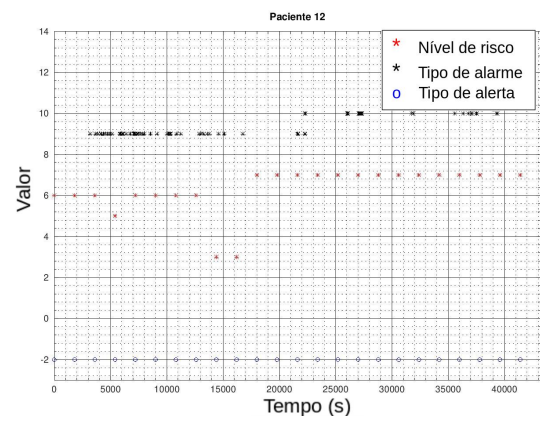
(c) Paciente 9



(d) Paciente 10

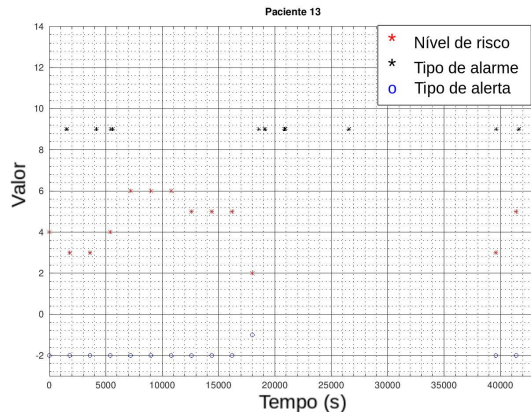


(e) Paciente 11

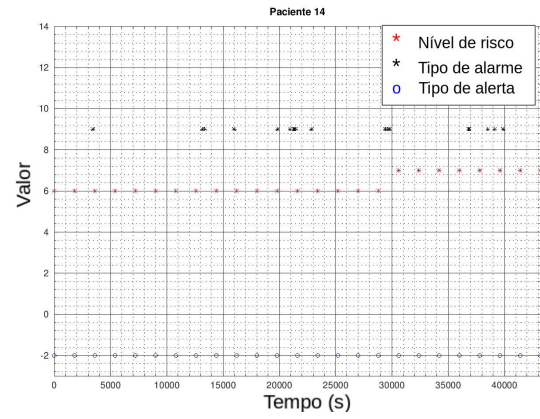


(f) Paciente 12

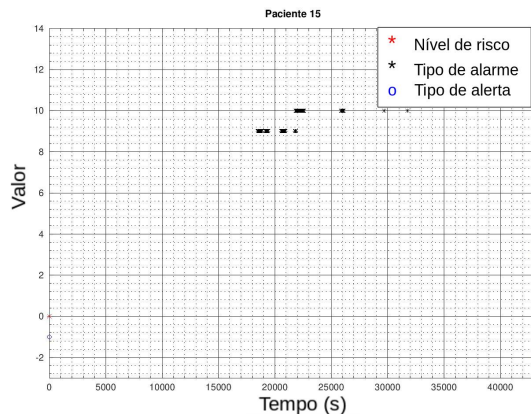
Figura 52 – Pacientes 7 ao 12



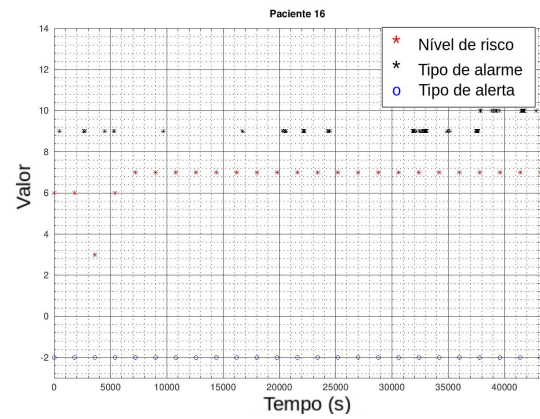
(a) Paciente 13



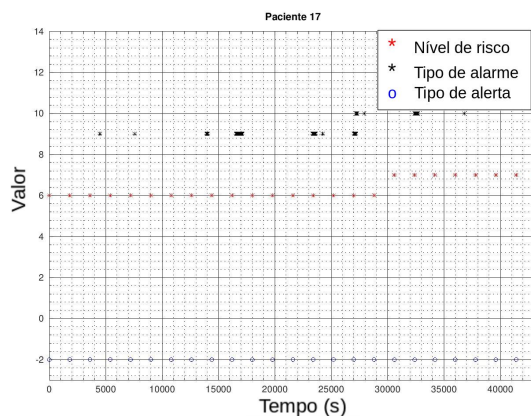
(b) Paciente 14



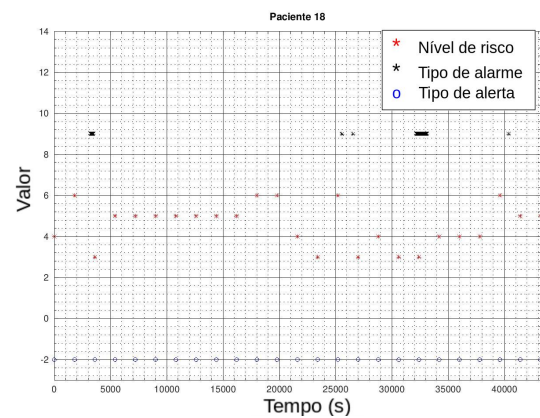
(c) Paciente 15



(d) Paciente 16

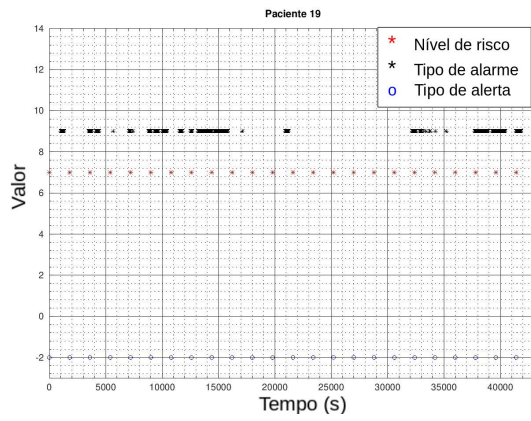


(e) Paciente 17

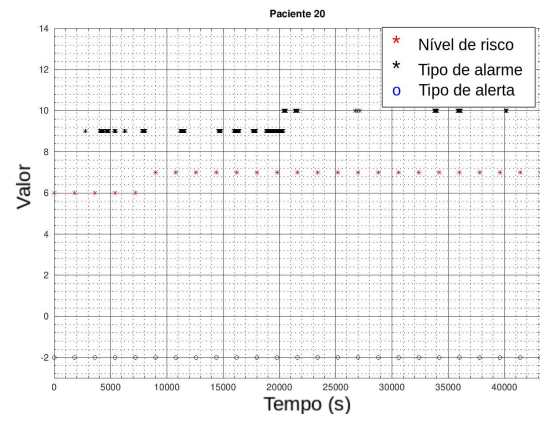


(f) Paciente 18

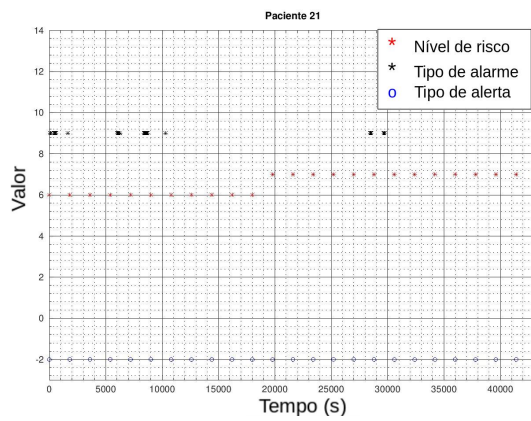
Figura 53 – Pacientes 13 ao 18



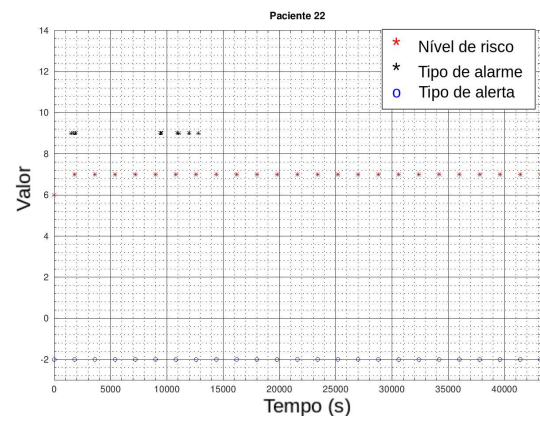
(a) Paciente 19



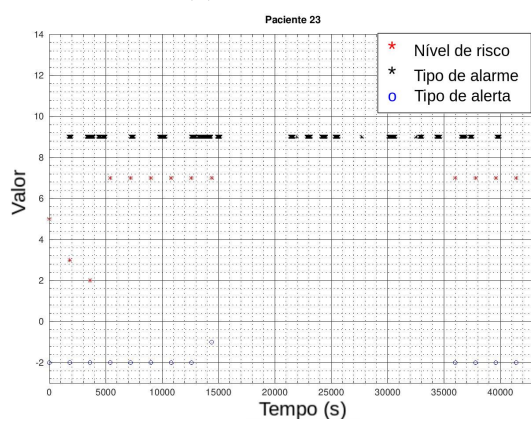
(b) Paciente 20



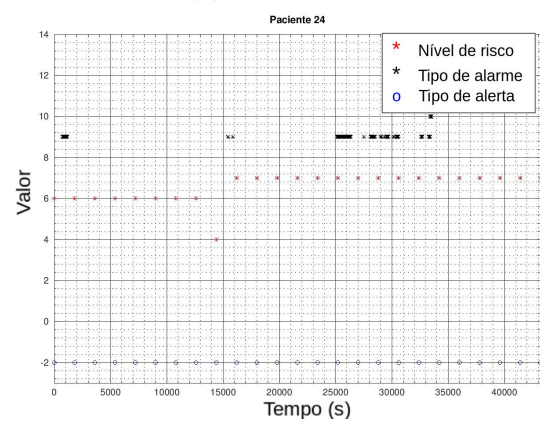
(c) Paciente 21



(d) Paciente 22

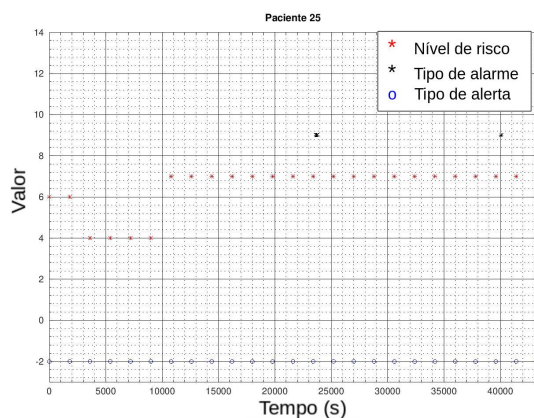


(e) Paciente 23

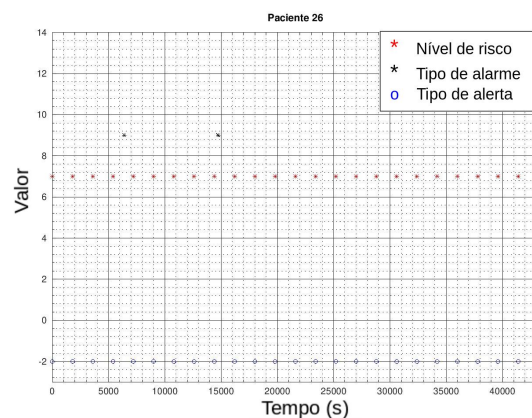


(f) Paciente 24

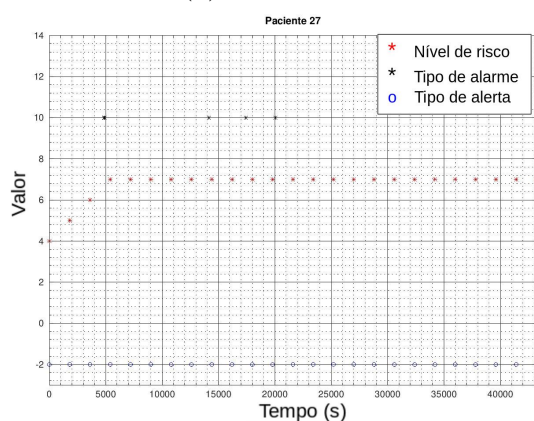
Figura 54 – Pacientes 19 ao 24



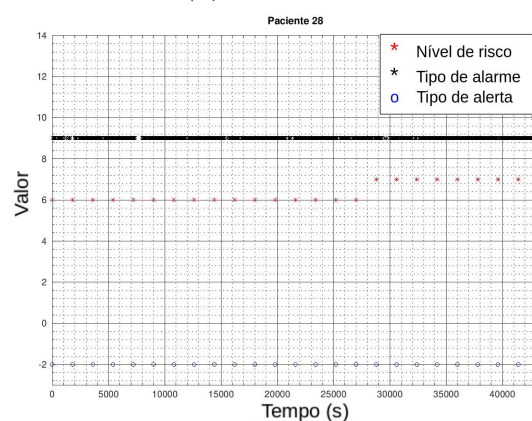
(a) Paciente 25



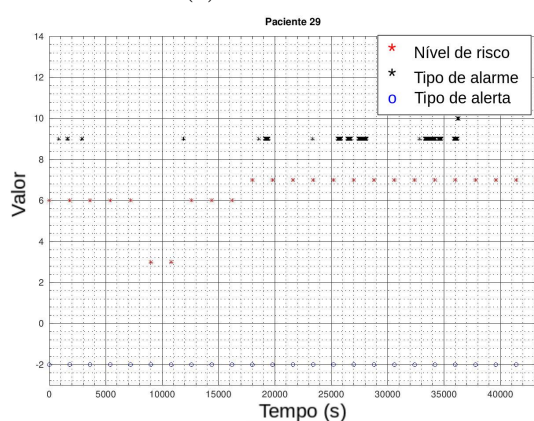
(b) Paciente 26



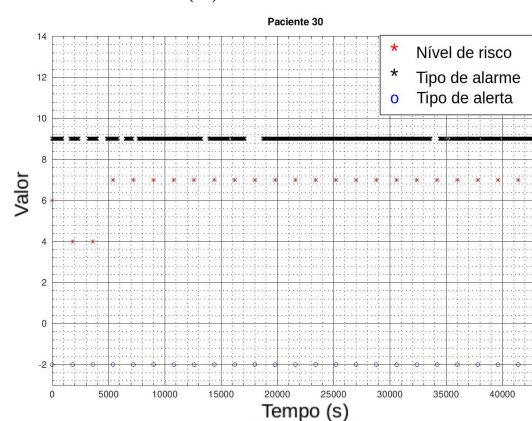
(c) Paciente 27



(d) Paciente 28

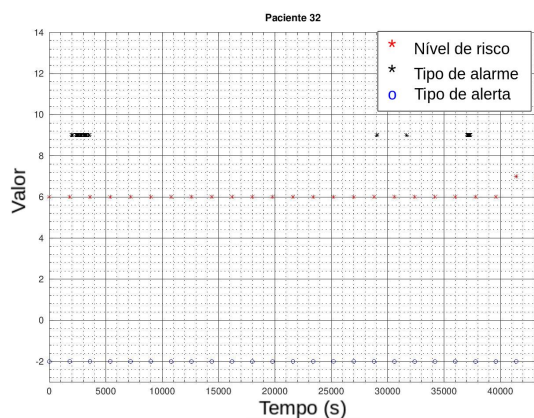


(e) Paciente 29

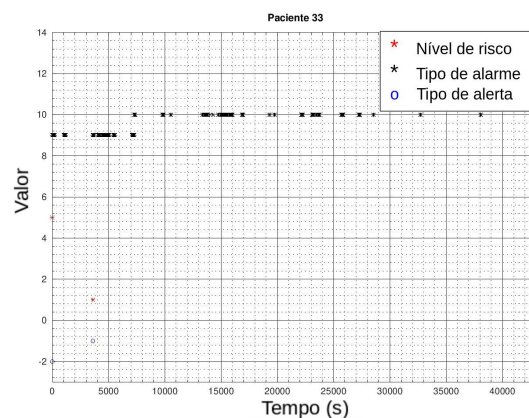


(f) Paciente 30

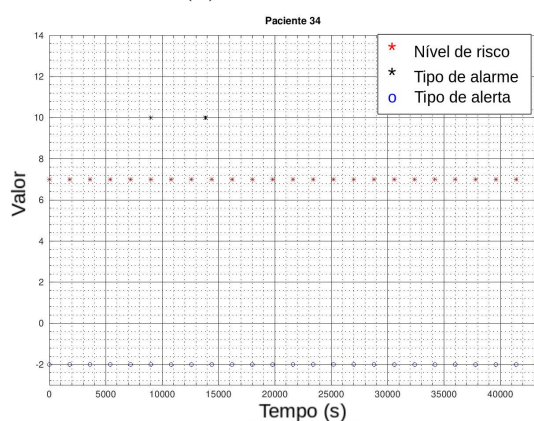
Figura 55 – Pacientes 24 ao 30



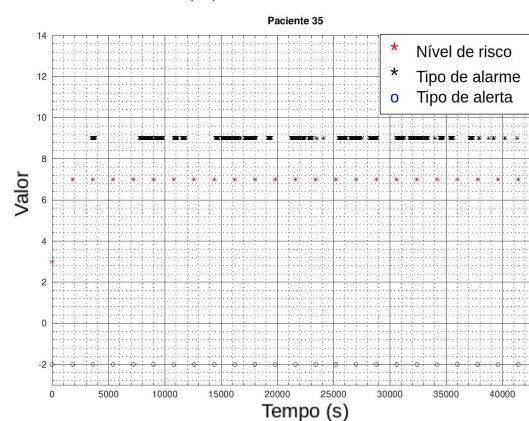
(a) Paciente 32



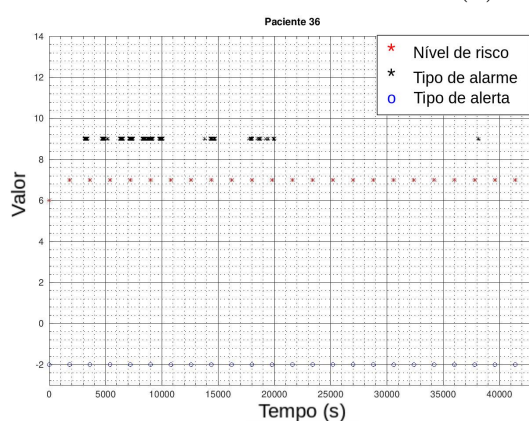
(b) Paciente 33



(c) Paciente 34



(d) Paciente 35



(e) Paciente 36

Figura 56 – Pacientes 32 ao 36

B.3 III - Algoritmo de fluxo EWS

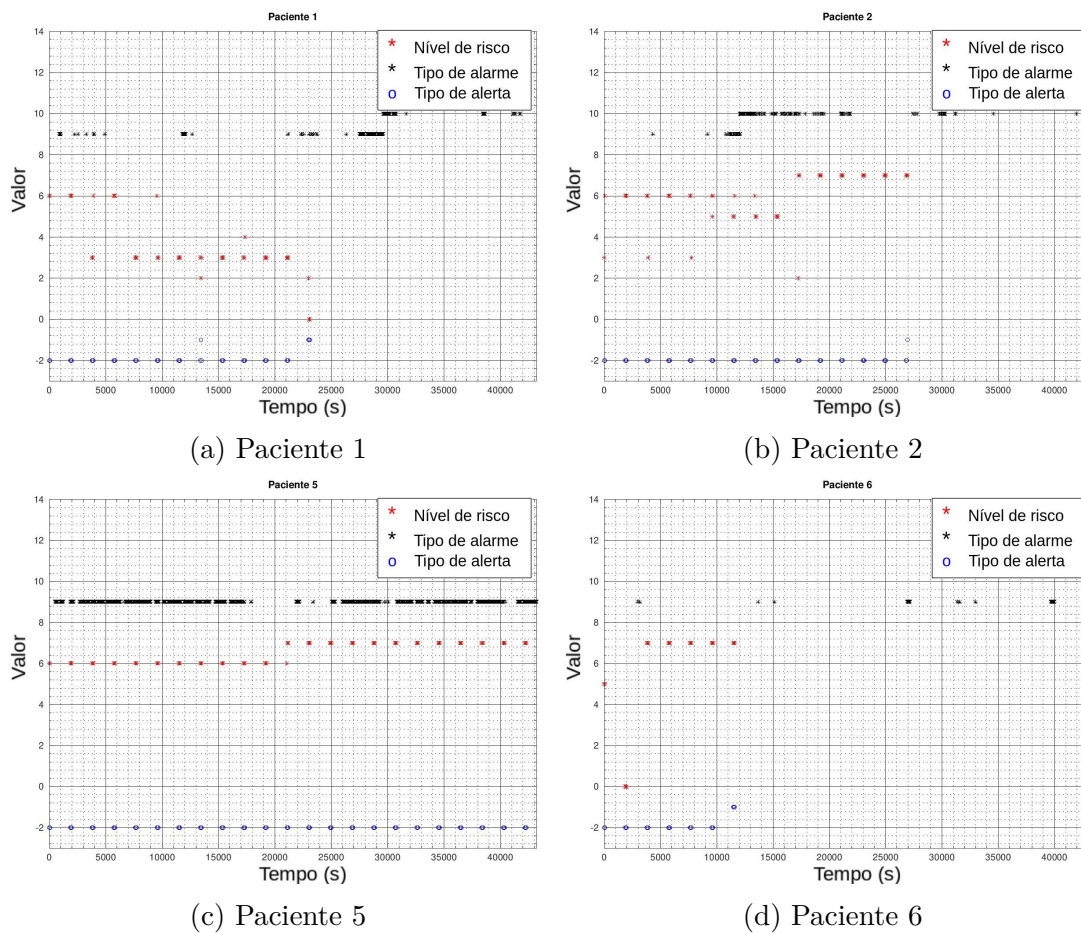
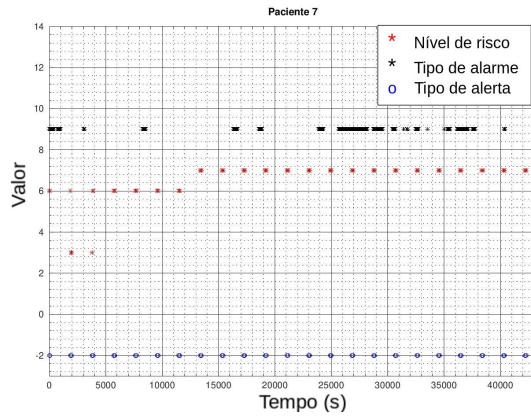
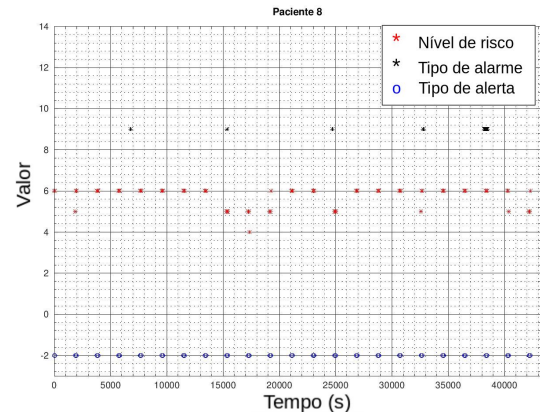


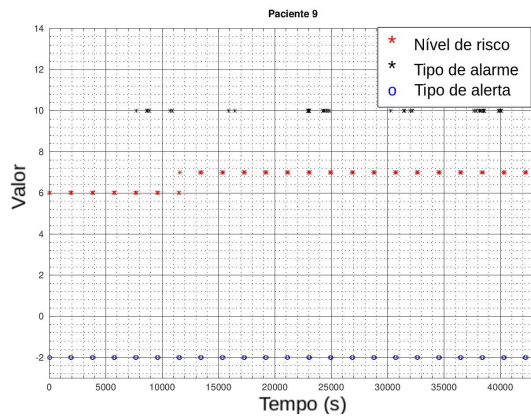
Figura 57 – Pacientes 1, 2, 5 e 6



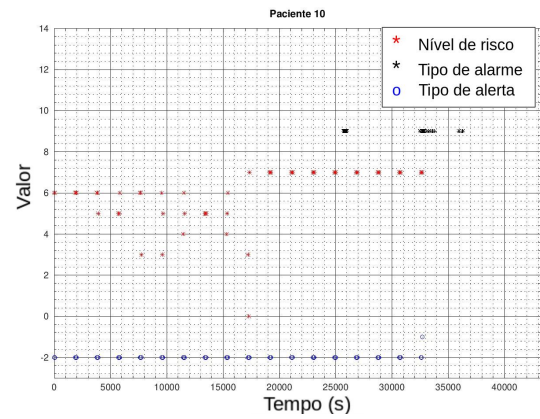
(a) Paciente 7



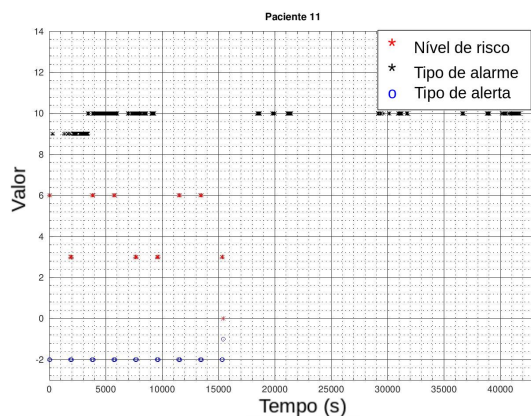
(b) Paciente 8



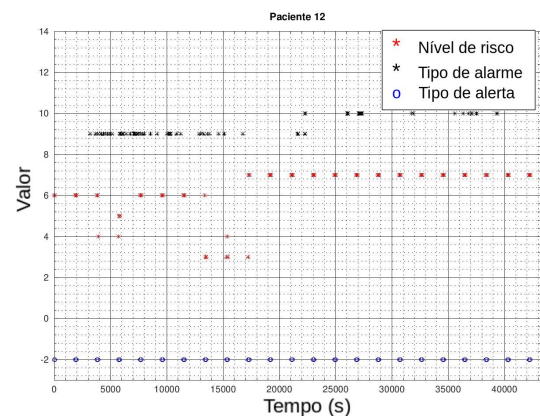
(c) Paciente 9



(d) Paciente 10

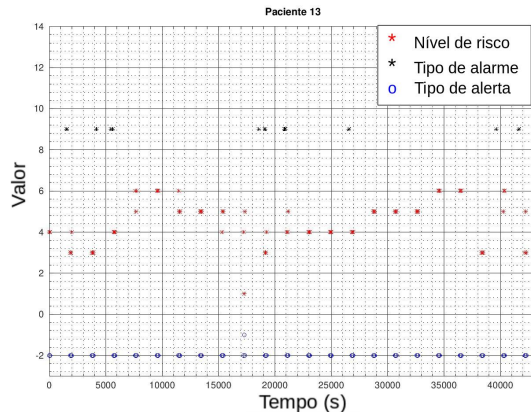


(e) Paciente 11

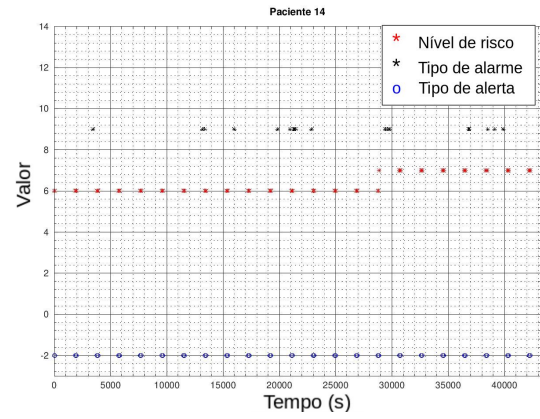


(f) Paciente 12

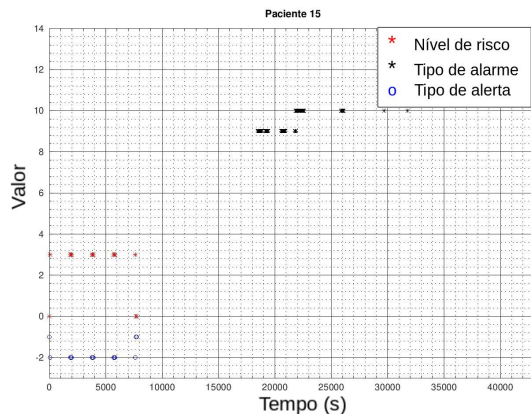
Figura 58 – Pacientes 7 ao 12



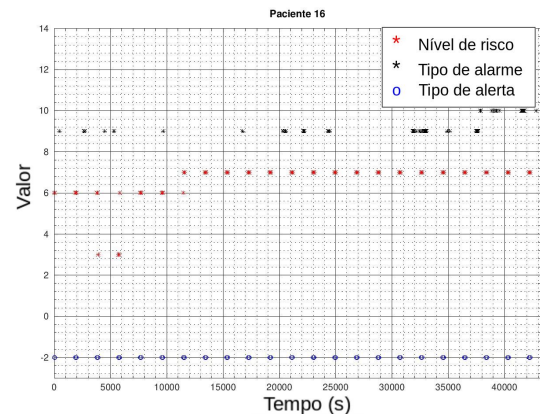
(a) Paciente 13



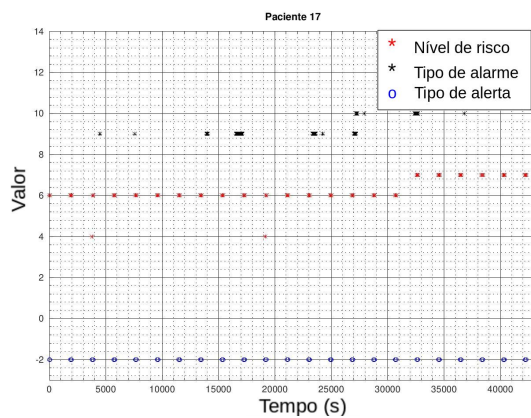
(b) Paciente 14



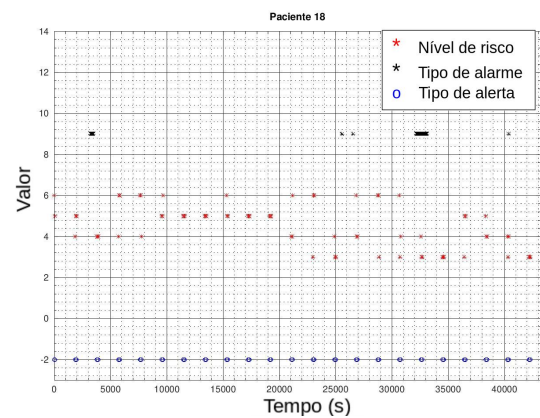
(c) Paciente 15



(d) Paciente 16

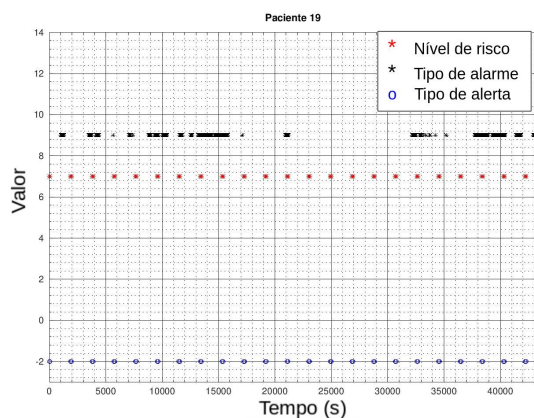


(e) Paciente 17

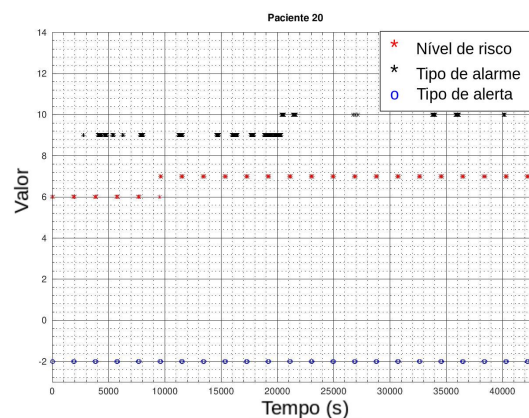


(f) Paciente 18

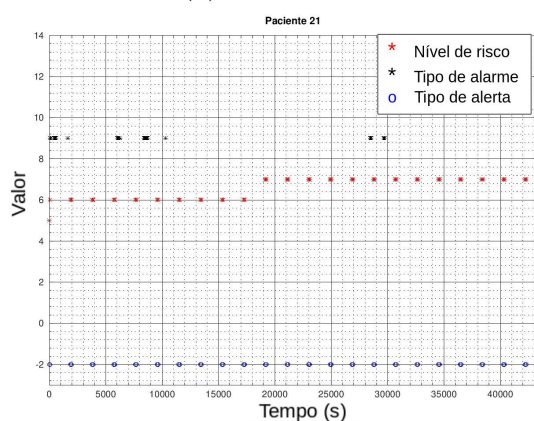
Figura 59 – Pacientes 13 ao 18



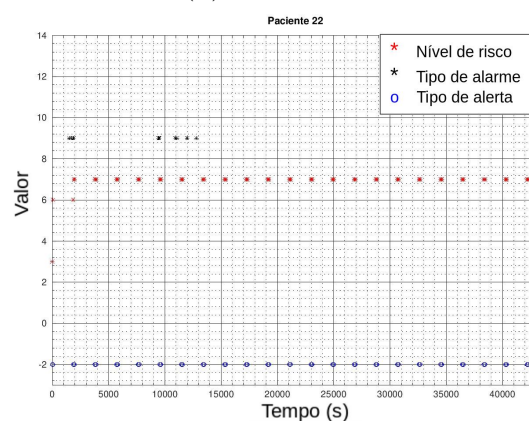
(a) Paciente 19



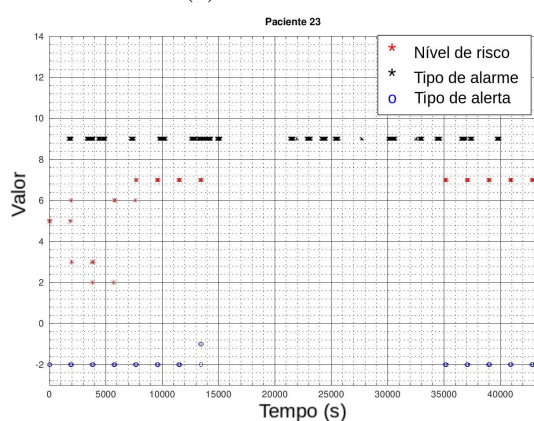
(b) Paciente 20



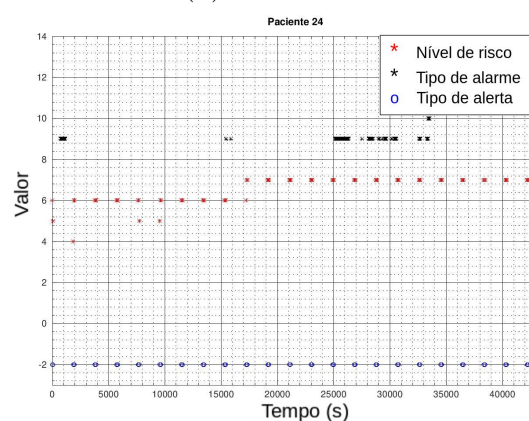
(c) Paciente 21



(d) Paciente 22

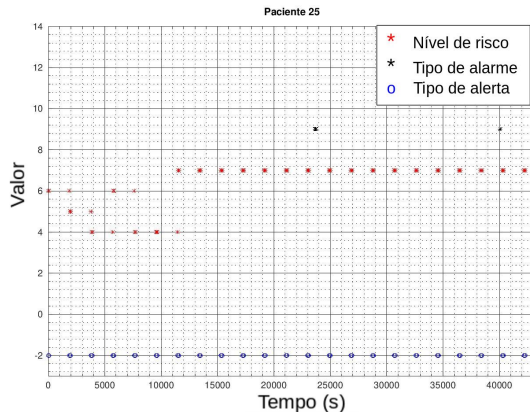


(e) Paciente 23

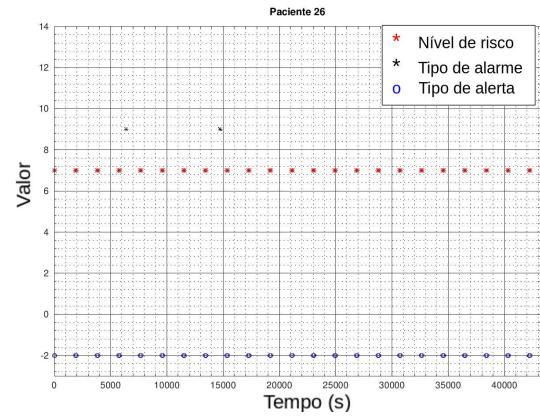


(f) Paciente 24

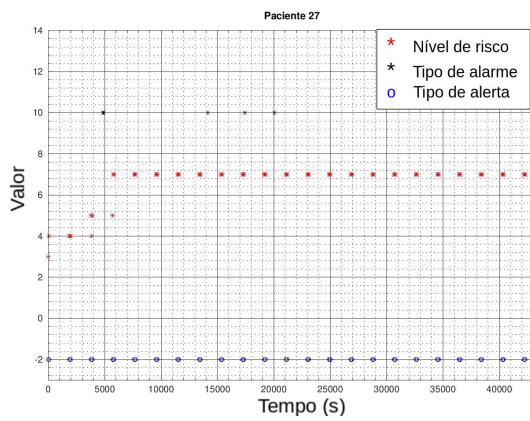
Figura 60 – Pacientes 19 ao 24



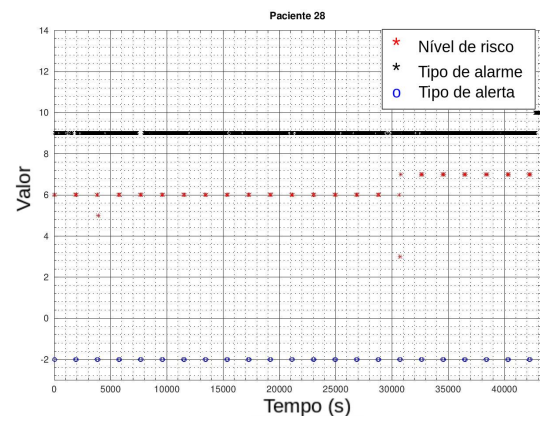
(a) Paciente 25



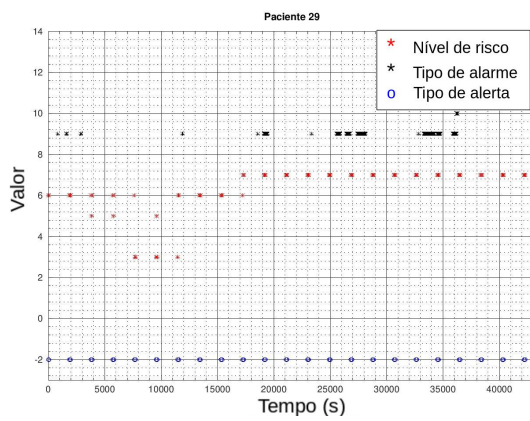
(b) Paciente 26



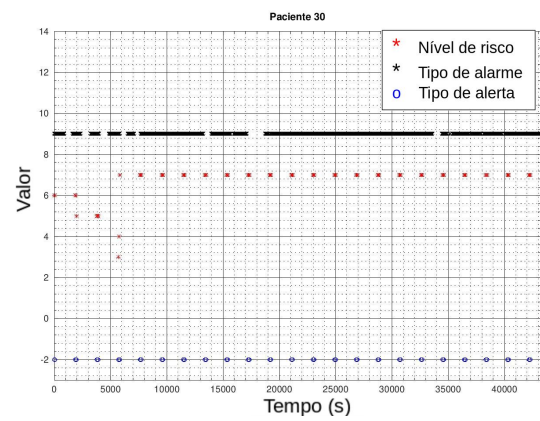
(c) Paciente 27



(d) Paciente 28

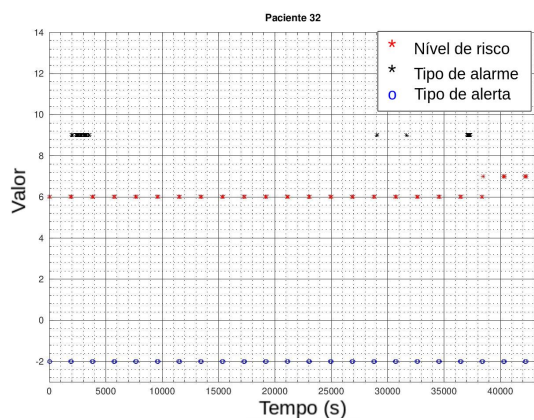


(e) Paciente 29

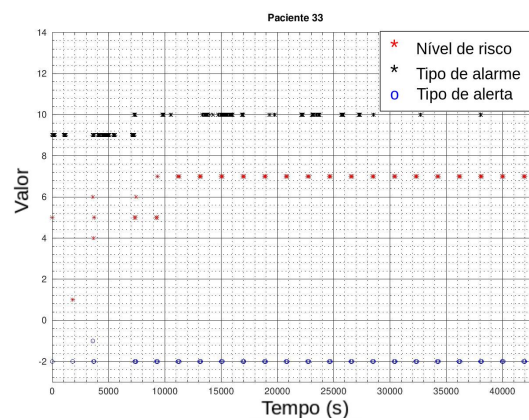


(f) Paciente 30

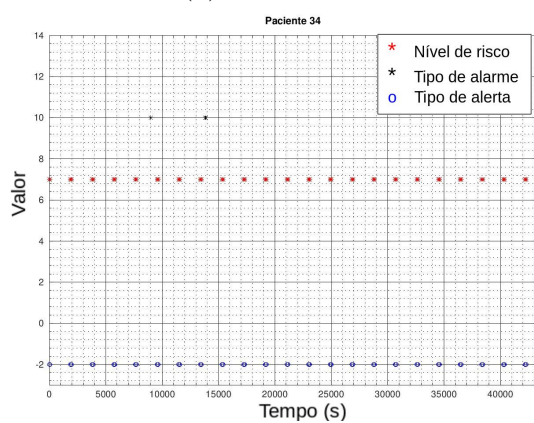
Figura 61 – Pacientes 24 ao 30



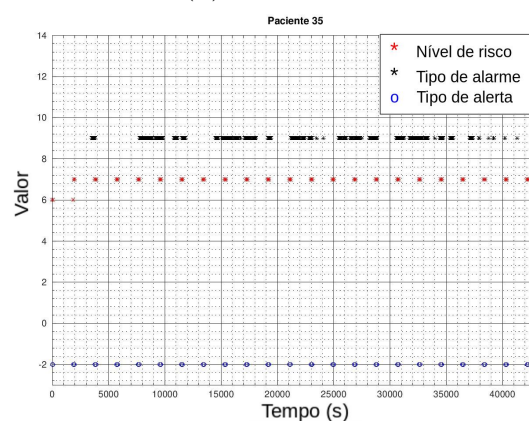
(a) Paciente 32



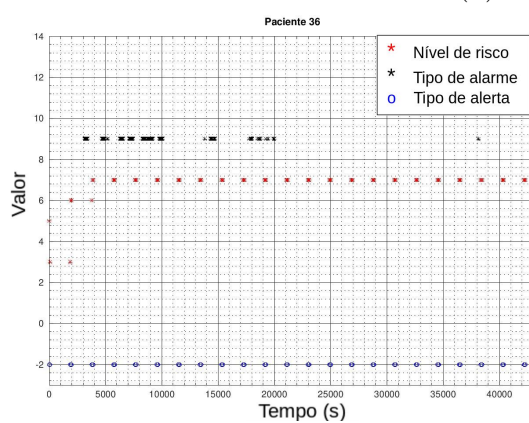
(b) Paciente 33



(c) Paciente 34



(d) Paciente 35



(e) Paciente 36

Figura 62 – Pacientes 32 ao 36