



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

Vitor de Carvalho Melo Lopes

**TV Health das Coisas: uma arquitetura IoT para assistência
domiciliar à saúde**

Fortaleza – CE

21 de novembro de 2017

Vitor de Carvalho Melo Lopes

TV Health das Coisas: uma arquitetura IoT para assistência domiciliar à saúde

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: Prof. Dr. Antonio Mauro Barbosa de Oliveira

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

21 de novembro de 2017

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)

L864t Lopes, Vitor de Carvalho Melo.

TV Health das Coisas: uma arquitetura IoT para ambientes de assistência domiciliar à saúde / Vitor de Carvalho Melo Lopes. - 2017.

82 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ciência da Computação, Campus Fortaleza, 2017.

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

1. internet das coisas. 2. context-aware. 3. atenção domiciliar. I. Título.

CDD 004

VITOR DE CARVALHO MELO LOPES

TV Health das Coisas: uma arquitetura IoT para assistência domiciliar à saúde

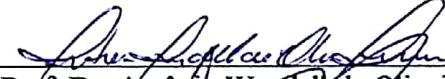
Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-graduação em Ciência da Computação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, área de concentração Ciência da Computação.

Aprovada em 10 / 09 / 2017.

BANCA EXAMINADORA



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



Prof. Dr. Antônio Wendell de Oliveira Rodrigues

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE



Prof. Dr. Luiz Odorico Monteiro de Andrade

Universidade Federal do Ceará - UFC

Agradecimentos

Aos meus pais Roberval e Ângela e irmãos Júlia e Matheus pelas alegrias compartilhadas.

À Sofia pelo companheirismo e presença sempre carinhosa e atenciosa.

Ao meu orientador Antonio Mauro pelos ensinamentos ao longo deste período.

Aos colegas de mestrado Madson, David, Renan, Gustavo e Marcelo com os quais compartilhei conhecimentos diversos, alegrias e dificuldades vivenciadas no laboratório LAMP/PPGCC.

Aos colegas do Laboratório de Redes (LAR) no Instituto Federal do Ceará - Campus Aracati que me ajudaram com debates e ideias.

À todos os professores do mestrado pelos ensinamentos e pelos ricos debates.

*“Se a preocupação está em ter, ter, ter uma pessoa cada vez se preocupará menos em ser,
ser, ser.”*
(José Saramago)

Resumo

A expectativa de vida do brasileiro aumentou de 45,5 para 75,5 anos entre 1940 e 2015, segundo dados do IBGE. Idosos podem necessitar de maiores cuidados hospitalares com maior tempo de recuperação, o que aumenta o gasto com saúde e a necessidade de novas soluções. Nesse sentido, a Assistência Domiciliar à Saúde (ADS), uma modalidade de atenção ao paciente realizado em sua própria residência, apresenta-se como uma opção mais adequada. Além de reduzir gastos hospitalares a ADS permite o contato mais intenso do paciente com familiares em sua recuperação. No entanto, existem problemas no cenário de ADS. Os diversos atores envolvidos (o cuidador, familiares, equipe de saúde e gestores), possuem limitações ou dificuldade em prestar atendimento ao paciente. O cuidador, por exemplo, nem sempre possui habilidades e/ou conhecimentos adequados. Este trabalho descreve a visão computacional de cenários ADS e propõe a TV Health das Coisas, uma solução inteligente e orientada a contexto para o ambiente de ADS, baseada no modelo brasileiro de TV digital e na tecnologia Internet das Coisas (IoT). Esta solução tem como substrato de *hardware* um sistema embarcado associado à uma TV digital (*hub* de comunicação) que coleta dados de diversos sensores existentes no ambiente de ADS. Estes são tratados por módulos inteligentes no NextSaúde, uma plataforma de tomada de decisão em saúde da qual a TV Health das Coisas é um componente. Além disso, esta solução permite que a TV sirva de interface para o paciente, e/ou cuidador, a alertas, a recomendações e a outras aplicações interativas. Assim, paciente, cuidador, familiares, equipes de saúde e gestores podem, de forma inteligente, receber alertas, informações etc, via TV, dispositivos móveis e outros mecanismos integrados ao sistema. A principal contribuição deste trabalho é a definição de uma arquitetura para ambientes ADS orientada a contexto (*context-aware concept*), enriquecida com conceitos da plataforma *OpenIoT*, um *Middleware* para Internet das Coisas. Foram formalizados os aspectos funcionais e a visão de engenharia da arquitetura proposta. Um protótipo de *hardware*, *software* embarcado e aplicações associadas foi implementado como prova de conceito da arquitetura da TV Health das Coisas, tendo sido disponibilizadas APIs para agregação de novas aplicações. Há expectativa da TV Health das Coisas evoluir para um modelo de referência no desenvolvimento de aplicações em ambientes ADS. Esta proposta motivou um projeto aprovado pelo polo de Inovação Embrapii/IFCE e está sendo cogitada sua implantação em um plano de saúde com abrangência nacional.

Palavras-chave: atenção domiciliar. internet das coisas. context-aware.

Abstract

According to IBGE, the life expectancy of Brazilian people increased from 45,5 to 75,5 years between 1940 and 2015. Because of inherent fragility of age, the elderly demands more hospital care, with more recovery time which increases the money that the Estate spend in each patient. The Home Care - health care modality that treats the patient in his own home - presents as more adequate option for the patient, besides the reduction of hospital expenses the Home Care allows an intense contact with relatives. Studies have identified problems in the scenario of home care such as the difficulty that the actors involved have: the patient, caregiver, relatives and health team. The caregiver deserves special attention given that he does not always have the knowledge and skills necessary to attend to the patient. This work describes the computational view of these health scenarios and proposes TV Health of Things, a smart solution for the ADS environment based on the Brazilian digital TV model and the Internet of Things technology. This solution has as substrate an embedded system associated with a digital TV (hub) that collects data from several sensors existing in the ADS environment, besides serving as an interface for the patient to several interactive applications. The data collected feed intelligent ontology models that allow the local inference (hub) of information necessary for the decision making of the ADS actors: patient, caregiver, health team, family, etc. Another intelligent aspect of TV Health of Things relates to learning machines via the NextSaúde system, of which TV Health of Things is a component. A context-aware concept, enriched with concepts from the OpenIoT (Internet Platform of Things) platform, was defined for this ADS scenario. A prototype is already operational with its formally specified functional and engineering architectures. Thus, patients, caregivers, relatives, health teams and managers can selectively receive alerts, information, etc. via mobile devices and other mechanisms integrated into the system. TV Health of Things resulted in an Embrapii-funded project and is being negotiated for deployment in a health care plan.

Keywords: home care. iot. ubiquitous and pervasive computing.

Listas de ilustrações

Figura 1 – Aplicação do Lariisa no ambiente domiciliar.	21
Figura 2 – Arquitetura atualizada do projeto Lariisa	22
Figura 3 – Representação gráfica das influências nas áreas de sistemas embarcados, computação ubíqua/pervasiva e meios de comunicação.	30
Figura 4 – Histórico das tecnologias que fundamentaram o surgimento da <i>Internet of Things</i>	31
Figura 5 – Ilustração da definição de IoT.	33
Figura 6 – Ilustração das áreas em que o IoT poderá atuar e suas conexões.	35
Figura 7 – Arquitetura plataforma <i>OpenIoT</i>	36
Figura 8 – Visão geral dos cenários abordados.	43
Figura 9 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Físico	48
Figura 10 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Virtualizado	48
Figura 11 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano de Utilitários e Aplicações	49
Figura 12 – Visão geral arquitetural TV Health das Coisas	50
Figura 13 – Visão de engenharia da arquitetura TV Health das Coisas.	51
Figura 14 – Interação da TV Health das Coisas com outros módulos do projeto NextSaúde.	52
Figura 15 – Camadas do sistema embarcado	55
Figura 16 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.notification</i> . Alerta do tipo caixa de diálogo.	57
Figura 17 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.notification</i> . Alerta do tipo <i>pop-up</i>	58
Figura 18 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.dado</i>	60
Figura 19 – Diagrama de Sequência para módulo <i>service.panicbutton</i>	62
Figura 20 – Processo de cadastro de novo sensor.	64
Figura 21 – Hardware utilizado na solução proposta - montado pela empresa CRAFF.	74
Figura 22 – Tela principal do STB. Destaque para o menu “Sua Saúde”.	74
Figura 23 – Tela principal do menu “Sua Saúde”.	75
Figura 24 – Notificação do tipo caixa de diálogo.	75
Figura 25 – Notificação do tipo <i>pop-up</i>	76
Figura 26 – Tela principal do módulo <i>service.dado</i>	76
Figura 27 – Aviso para tranquilizar o usuário em situação de emergência.	77
Figura 28 – Diagrama Entidade/Relação para módulo <i>web</i>	78
Figura 29 – Diagrama de Caso de Uso para módulo <i>service.notification</i>	78
Figura 30 – Diagrama de Atividades para módulo <i>service.notification</i>	79
Figura 31 – Diagrama de Caso de Uso para módulo <i>service.dado</i>	79

Figura 32 – Diagrama de Atividades para módulo <i>service.dado</i>	80
Figura 33 – Diagrama de Caso de Uso para módulo <i>service.panicbutton</i>	81
Figura 34 – Diagrama de Atividades para módulo <i>service.panicbutton</i>	81

Lista de tabelas

Tabela 1 – Resumo das características das soluções semelhantes apresentadas anteriormente.	42
Tabela 2 – Especificação STB.	54
Tabela 3 – Lista de métodos disponíveis por API.	57
Tabela 4 – Métodos disponíveis na API de gerenciamento.	63

Listas de códigos

1	Conteúdo da requisição de uma mensagem	59
2	Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo <i>pop-up</i>	59
3	Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo ok	59
4	Definição de método utilizado para capturar dados do controle remoto e apresentar através de um alerta.	61
5	Definição de método utilizado para capturar situação de emergência enviada pelo usuário.	62
6	Mensagem JSON enviada no corpo da requisição HTTP.	64

Lista de abreviaturas e siglas

ABS	<i>Anti-lock Breaking System</i>
ADS	Assistência Domiciliar à Saúde
API	<i>Application Programming Interface</i>
ARM	<i>Advanced RISC Machine</i>
BAN	<i>Body Area Network</i>
FUNCAP	Fundaçao Cearense de Apoio ao Desenvolvimento
HCCU	<i>Health Care Center Unit</i>
JSON	<i>JavaScript Object Notation</i>
MQTT	<i>Message Queue Telemetry Transport</i>
NFC	<i>Near Field Communication</i>
OSGi	<i>Open Services Gateway initiative</i>
PAN	<i>Personal Area Network</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistant</i>
PIC	<i>Peripheral Interface Controller</i>
RES	Registro Eletrônico de Saúde
RCU	<i>Replace Care Unit</i>
SBTVD	Sistema Brasileiro de Televisão Digital
SAMDU	Serviço de Assistência Médica Domiciliar e de Urgência
SUS	Sistema Único de Saúde
SUDS	Sistema Único e Descentralizado de Saúde
STB	<i>Set-Top Box</i>
RISC	<i>Reduced Set Instruction Computer</i>
THOMAS	<i>MeTHods, Techniques and Tools for Open Multi-Agent Systems</i>
WAN	<i>Wide Area Network</i>

Sumário

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Motivação para a Dissertação	17
1.2	Descrição do problema	18
1.3	Objetivo Geral	18
1.4	Objetivos Específicos	19
1.5	Estrutura da Dissertação	19
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	21
2.1	Lariisa	21
2.2	Aplicações Sensíveis ao Contexto	23
2.3	Assistência Domiciliar à Saúde	24
2.3.1	Atores envolvidos	26
2.3.2	Terminologia	26
2.4	Sistemas Embarcados	27
2.4.0.1	Arquitetura	28
2.5	Internet das Coisas	29
2.5.1	Histórico	29
2.5.2	Definições	32
2.5.3	Aplicações	33
2.6	Plataforma OpenIoT	35
3	TRABALHOS RELACIONADOS	38
3.1	Estado da arte	38
3.2	Outras propostas	38
3.3	Comparação entre soluções	42
4	TV HEALTH DAS COISAS	43
4.1	Descrição de cenários	43
4.1.1	Ambiente A	43
4.1.1.1	Doente sozinho	45
4.1.1.2	Doente com um familiar	45
4.1.1.3	Doente com um cuidador profissional	45
4.1.2	Ambiente B	46
4.1.2.1	Doente em situação de emergência	46
4.1.3	Ambiente C	47
4.2	Descrição da arquitetura	47

4.3	Visão de Engenharia	50
4.3.1	Blocos <i>hub</i> e sensores	51
4.3.2	Bloco inferência local	52
4.3.3	Bloco aprendizagem de máquinas	52
4.3.4	Bloco plataforma NextSaúde	52
5	ASPECTOS DE IMPLEMENTAÇÃO	54
5.1	Hardware utilizado	54
5.2	Software utilizado	55
5.3	Aplicações interativas	55
5.3.1	Módulo <i>web</i>	56
5.3.2	Módulo <i>service.notification</i>	56
5.3.3	Módulo <i>service.dado</i>	59
5.3.4	Módulo <i>service.panicbutton</i>	61
5.4	Conectando novos sensores	63
6	CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	65
6.1	Produção científica	66
6.2	Trabalhos futuros	66
REFERÊNCIAS		68
APÊNDICES		73
APÊNDICE A – TV-HEALTH		74
A.1	Hardware utilizado	74
A.2	Software utilizado	74
A.3	Diagramas UML	78
A.3.1	Módulo <i>service.notification</i>	78
A.3.2	Módulo <i>service.notification</i>	78
A.3.3	Módulo <i>service.dado</i>	79
A.3.4	Módulo <i>service.panicbutton</i>	81

1 Introdução

O Brasil vem passando por um processo de envelhecimento da população e um aumento da expectativa de vida crescente desde a década de 1960. Com os atuais índices, a taxa do envelhecimento populacional atingirá, em 2025, cerca de 15% da população brasileira com indivíduos acima de 60 anos (GONÇALVES et al., 2006).

Os mais idosos, por conta da fragilidade inerente à idade, necessitam de cuidados especiais na hospitalização, além de demandarem mais tempo na recuperação. Muitas vezes, há uma demanda de vários profissionais de uma equipe de saúde multidisciplinar para a total recuperação do doente.

Essa situação afeta políticas públicas dos governos municipais, estaduais e federal que, segundo a Constituição Federal, devem prover atendimento hospitalar universal à população, o que torna o gasto público com hospitalização de idosos maior a cada ano (SILVEIRA et al., 2013).

Esse processo ocasiona mudanças nos paradigmas de atendimento à saúde. Nessa perspectiva, surge a atenção domiciliar ou *home care*, modelo definido como o tratamento do paciente em seu próprio lar, com a presença ou não de um cuidador¹, figura responsável por acompanhar o idoso em suas atividades diárias, papel de fundamental importância no acompanhamento do paciente em seu cotidiano.

Esse método traz benefícios, pois o paciente encontra-se em um ambiente conhecido, podendo contar com a presença de seus familiares (HERMANN; LACERDA, 2007; DAY, 2010). Destaque-se que o ambiente domiciliar é seguro, livre de infecção hospitalar, portanto mais propício para uma completa recuperação do paciente.

Pesquisas realizadas indicam uma mudança gradativa no modelo de tratamento de idosos. A escolha da atenção domiciliar em substituição à hospitalização mostra-se positiva nos planos social, psicológico e econômico, como exposto no trabalho de Santos (2014).

No que concerne às políticas públicas desenvolvidas pelo Estado, a vantagem é a redução de custos com internação. Estudos na área da saúde pública revelam que é possível economizar ao se substituir a internação hospitalar por uma abordagem em atenção domiciliar nos casos de menor gravidade, ou seja, casos em que o paciente não corre risco de morte (BOURDETTE et al., 1993).

Na atenção domiciliar é de grande importância o acompanhamento do paciente pelo seu responsável. Essa tarefa é realizada por diversos atores, além do cuidador. A equipe de saúde, por exemplo, se desloca até o domicílio do idoso e executa a aferição de

¹ Neste trabalho, a figura do cuidador refere-se tanto a familiares, amigos ou um profissional remunerado.

seus sinais vitais. Além de conversar com o próprio paciente, a equipe de saúde também conversa com o cuidador e verifica se o ambiente domiciliar está propício à melhoria do doente.

Nesse contexto, vale observar que o aparelho de TV está presente em, praticamente, todos os domicílios brasileiros (IBGE, 2015). Com isso, o Governo Brasileiro instituiu, via decreto número 4901 de 26 de novembro de 2003, o Sistema Brasileiro de TV Digital (SBTVD) no país. Além da melhoria técnica, com a troca do sinal analógico para o sinal digital, promovendo, assim, melhoria na qualidade da imagem e som, a inserção da TV Digital trouxe o conceito de interatividade (BRASIL, 2003).

O ambiente domiciliar está cada vez mais relacionado com o avanço tecnológico nas áreas de sistemas embarcados e tecnologia da informação e comunicação. A miniaturização dos dispositivos possibilita o surgimento de novas aplicações e soluções voltadas para áreas antes não atendidas por essas tecnologias. A partir dessa evolução, surge a Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT), bilhões de “coisas” inteligentes que se comunicam entre si (LI; XU; ZHAO, 2015). Os objetos ou “coisas” são pequenos sistemas embarcados com sensores e/ou atuadores com um meio de comunicação.

A Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) se beneficia do aperfeiçoamento na tecnologia e do surgimento da IoT ao ser atendida por dispositivos implantados no ambiente doméstico. Pesquisas realizadas (TRIANTAFYLIDIS et al., 2013; MOREIRA et al., 2016a) apontam para a utilização de equipamentos que monitorem o cotidiano do paciente e os auxilie nas formas de alertas para o paciente e o cuidador, além de informar à equipe de saúde ou a emergência sobre questões pertinentes do quadro observado auxiliando na tomada de decisão.

A comunicação que antes ocorria principalmente entre homens e máquinas na “Internet dos computadores” muda com o advento da IoT, e passa a ser principalmente entre máquinas, sendo elas (as coisas) os maiores produtores e consumidores de dados. Com isso, é possível perceber que a tecnologia IoT traz consigo a possibilidade de produzir uma grande quantidade de dados e permite que a interação homem-máquina seja atualizada, proporcionando novas formas de interação, o que se adequa a um ambiente domiciliar do futuro.

O projeto Lariisa, uma arquitetura para tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde, trata, em uma de suas instâncias, da questão do ambiente domiciliar. No Lariisa, todos são tomadores de decisão, desde o paciente ao gestor, passando por todos os agentes de saúde (enfermeiro, fisioterapeuta, médicos etc.). Nele, são levados em consideração os cinco domínios de inteligência: Gestão de conhecimento, Normatização sistêmica, Clínico e Epidemiológico, Administrativa e Conhecimento compartilhado (OLIVEIRA et al., 2010).

Este trabalho descreve a perspectiva computacional de cenários de ADS e propõe a TV Health das Coisas, uma solução inteligente e orientada a contexto para o ambiente de ADS, inspirada no projeto Lariisa, baseada no modelo brasileiro de TV digital e na tecnologia Internet das Coisas (IoT). Esta solução tem como substrato de *hardware* (*Set-Top Box* (STB)) um sistema embarcado associado à uma TV digital (*hub* de comunicação) que coleta dados de diversos sensores existentes no ambiente de ADS. Estes são tratados por módulos inteligentes no NextSaúde, uma plataforma de interoperabilidade em saúde baseada no padrão OpenEHR, para compartilhar serviços internos disponíveis (regulação, farmácia, leitos etc.) (MOTA, 2016), da qual a TV Health das Coisas é um componente. Além disso, esta solução permite que a TV sirva de interface para o paciente, e/ou cuidador, a alertas, a recomendações e a outras aplicações interativas.

O STB é o dispositivo utilizado como *hub* de comunicação na arquitetura proposta, conectando sensores e outros componentes com tecnologias e conceitos de IoT para prover uma solução inteligente de ADS. Além disso, tem poder de processamento para executar outras funções.

Através dos sensores é possível coletar dados referentes ao paciente e ao contexto em que ele está inserido. Os dados coletados são repassados ao STB que os concentra e realiza um processamento. Estes dados vão alimentar também modelos de ontologias, permitindo a inferência de informações necessárias para à tomada de decisão por parte dos atores envolvidos (paciente, cuidador, equipe de saúde e familiares). Dessa maneira, o sistema pode auxiliar os atores envolvidos, emitindo alertas, informações, mensagens, entre outros, por meio da TV ou dispositivos móveis integrados ao sistema.

1.1 Motivação para a Dissertação

Cresce cada vez mais a preocupação com os idosos, haja vista o aumento da expectativa de vida. Uma preocupação dos sistemas públicos é a qualidade de vida na velhice considerando que, nessa idade, os problemas de saúde são acentuados. A idade provoca condições que impedem a autonomia, aumentam as dificuldades de locomoção, e intensificam a preocupação com remédios, entre outros.

Em muitos casos, cresce o número de internações hospitalares e, consequentemente, os gastos do Estado - que precisam ser mantidos, mas que podem ser mitigados ou melhor aproveitados. Visando enfrentar essa realidade, a comunidade acadêmica começa a se perguntar sobre os cuidados aos idosos no espaço domiciliar.

A linha de pesquisa de computação aplicada à saúde é vista como uma parte importante para a melhoria na qualidade dos serviços prestados na área. A comunidade acadêmica vem possibilitando o avanço no campo da ADS, desenvolvendo sistemas inteligentes que auxiliem no tratamento e ajudem os envolvidos.

A TV Health das Coisas é voltada, prioritariamente, à proposição de soluções tecnológicas, modernas, com IoT, para ADS. A expectativa é que este trabalho contribua fortemente com as políticas públicas nacionais que diz respeito a questão do atendimento domiciliar e, eventualmente, com soluções privadas relativas ao tema.

1.2 Descrição do problema

Tendo em vista o cenário de atenção domiciliar, no qual o paciente encontra-se em tratamento e deve ser observado constantemente, se faz necessário um acompanhamento por parte do cuidador, que, ao perceber a piora do paciente realiza algum procedimento e em alguns casos entra em contato com o socorro médico ou a equipe de saúde responsável pelo paciente.

O cuidador é, geralmente, um familiar, um amigo, ou um profissional remunerado. Não, necessariamente, o cuidador detém uma formação na área de saúde apropriada para a função que desempenha, ou não disponibiliza toda a sua atenção ao paciente. Do exposto, percebe-se a dificuldade do cuidador de realizar um procedimento de saúde mais elaborado ou auxiliar o paciente durante 24 horas do dia.

Já a equipe de saúde, devido a não proximidade com o doente, carece de informações prévias para um socorro direcionado ao paciente, diminuindo assim, as chances de sucesso do atendimento realizado.

Segundo Santos (2014), constata-se que a ADS é possível e desejável, desde que alguns obstáculos sejam superados. O auxílio ao paciente, ao cuidador ou, ainda, à equipe de saúde que o acompanha, necessita de soluções eficientes e acessíveis.

Urge, portanto, soluções tecnológicas que possam mitigar os problemas envolvendo a atuação dos diversos atores no ambiente ADS, em especial o cuidador, foco principal deste trabalho.

1.3 Objetivo Geral

Propor uma arquitetura sensível ao contexto para ambientes de Assistência Domiciliar à Saúde (ADS), observando em sua estrutura seus aspectos funcionais e visão de engenharia, baseada na tecnologia de Internet das Coisas (IoT), com foco na análise arquitetural da plataforma OpenIoT.

1.4 Objetivos Específicos

- Realizar estudo sobre o estado da arte de IoT aplicado a Assistência Domiciliar à Saúde;
- Modelar cenários ADS dentro de uma perspectiva computacional;
- Identificar aspectos funcionais que atendam os requisitos do ambiente de ADS;
- Descrever elementos estruturais que apresentem a visão de engenharia da solução proposta;
- Analisar as correlações funcionais entre a plataforma OpenIoT e os requisitos a serem observados na concepção da arquitetura TV Health das Coisas;
- Apresentar uma arquitetura sensível a contexto para ambientes de Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) baseada em IoT, a partir, dos aspectos funcionais identificados na visão de engenharia;
- Implementar um protótipo como prova de conceito da arquitetura proposta atendendo aos requisitos do ambiente ADS;
- Desenvolver APIs para agregação de novas aplicações a plataforma TV Health das Coisas;

1.5 Estrutura da Dissertação

O restante da dissertação é dividido em 5 capítulos: Fundamentação Teórica, Trabalhos relacionados, TV Health das Coisas, Aspectos de implementação e Conclusões e trabalhos futuros.

No capítulo 2, são descritos conceitos de Atenção Domiciliar à Saúde, Sistemas Embarcados, Internet das Coisas - (*Internet of Things, IoT*) e Aplicações Sensíveis ao Contexto, separados nas seções Assistência Domiciliar à Saúde, Sistemas Embarcados, Internet das Coisas e Aplicações Sensíveis ao Contexto. Além de descrever os trabalhos sobre a arquitetura Lariisa e a Plataforma OpenIoT.

No capítulo 3 é apresentado o estado da arte de sistemas para a ADS, assim como outros trabalhos relacionados à proposta apresentada.

No capítulo 4 são descritos os cenários de ADS e a arquitetura TV Health das Coisas, principal contribuição do trabalho. Além disso, é apresentada a visão funcional da TV Health das Coisas, com uma descrição do percurso metodológico na descrição da arquitetura, além da visão de engenharia da solução.

O capítulo 5 aborda detalhes da implementação referente a plataforma TV Health das Coisas, tais como os casos de uso do módulo de notificações, do módulo de auxílio e do módulo de botão de pânico.

Por fim, no capítulo 6 é exposta a conclusão com as considerações finais e os trabalhos futuros na perspectiva da TV Health das Coisas tornar-se um modelo de referência para o desenvolvimento de aplicações para ambientes de ADS.

2 Fundamentação Teórica

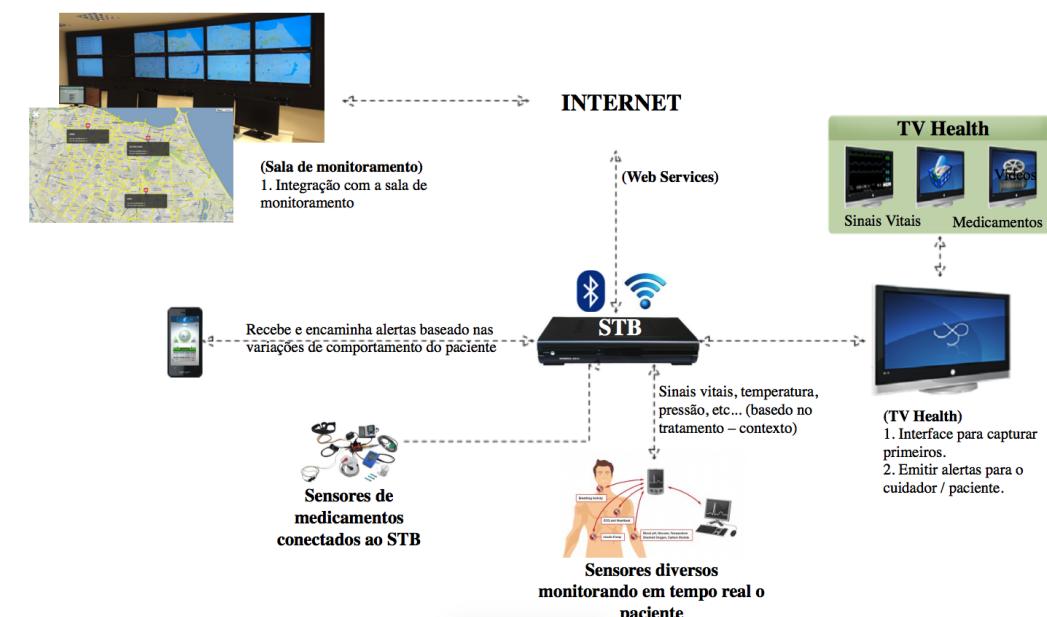
Este capítulo contém a fundamentação teórica necessária para o estudo proposto. Serão apresentadas pesquisas importantes na área, tais como, o projeto Lariisa e a plataforma OpenIoT. Detalha-se ainda conceitos relacionados a aplicações sensíveis a contexto, sistemas embarcados e Internet das Coisas.

2.1 Lariisa

O projeto Lariisa foi proposto por Oliveira et al. (2009) Trata-se de uma arquitetura para tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde. Trabalhava a ideia de unir cinco domínios de inteligência em saúde: Gestão do conhecimento, Normatização sistémica, Clínico e Epidemiológico, Administrativa e Conhecimento compartilhado.

Esses 5 conceitos deveriam ser implantados, e para isso criou-se quatro componentes necessários para a 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. Esses quatro componentes convergindo para uma tecnologia sensível a contexto formam o framework Lariisa.

Figura 1 – Aplicação do Lariisa no ambiente domiciliar.



Fonte: Adaptado de Gardini et al. (2015).

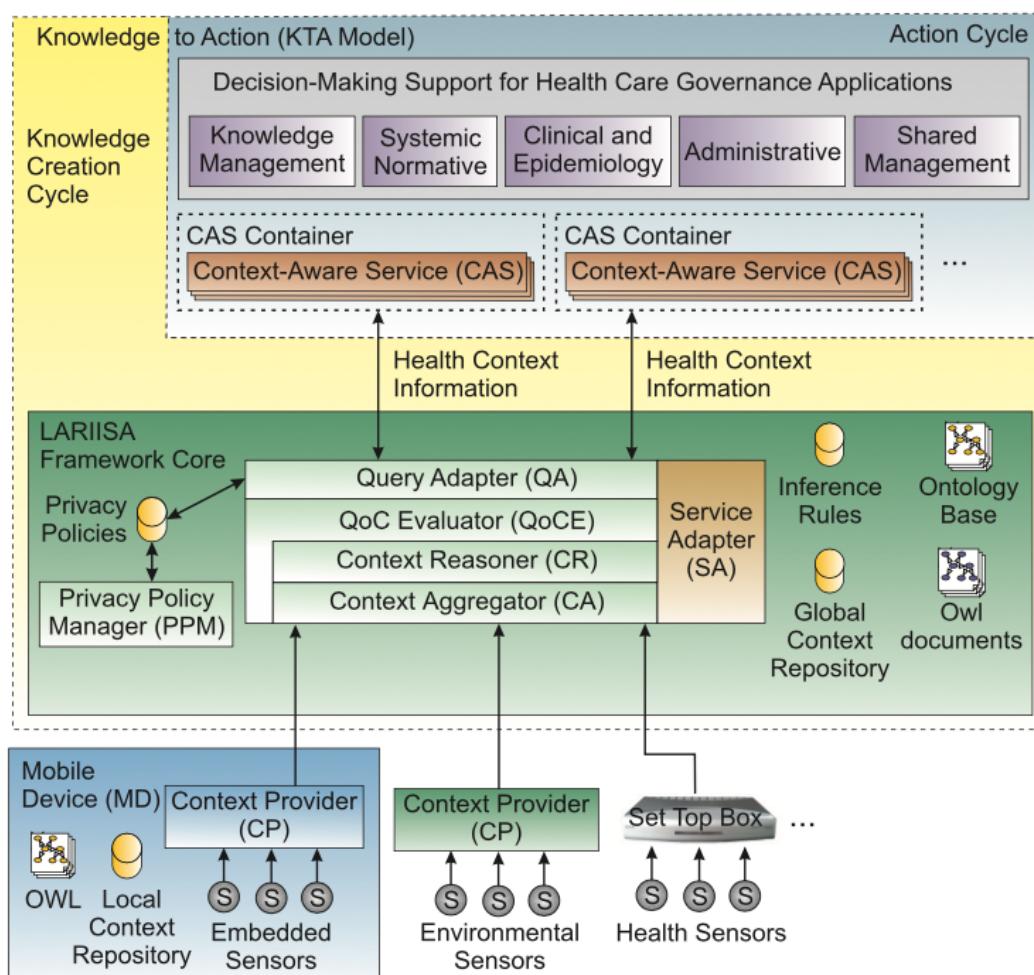
A arquitetura tinha como principal objetivo o desenvolvimento de tecnologia na

borda do conhecimento técnico-científico da saúde coletiva, do planejamento e gestão em saúde pública e saúde da família. Além disso, a tecnologia da informação e mecanismos de inferência que auxiliem a tomada de decisão eram pontos importantes da pesquisa.

Com o avanço dos estudos, Oliveira et al. (2010) propôs uma arquitetura baseada na primeira em que aprofundava os conceitos de contexto e ontologias. Os três principais blocos são: (1) Módulo de inteligência de Gestão na Saúde, (2) Ciclo de criação do conhecimento e (3) Ciclo de ação.

A aplicação do Lariisa no ambiente domiciliar foi um dos estudos de caso que ajudaram este trabalho a ser construído. Na figura 1 percebe-se o STB como ponto principal, recebendo dados dos sensores e em seguida os processando e enviando para a TV, *smartphones* e sistemas *web*. Essa abordagem permite o auxílio aos gestores, equipe de saúde, familiares, cuidador e paciente.

Figura 2 – Arquitetura atualizada do projeto Lariisa



Fonte: OLIVEIRA et al., 2010.

Da arquitetura representada na figura 2, o LARIISA Framework Core é de extrema

importância para esse trabalho. O Context Provider (CP) é responsável pela coleta de dados para o sistema. O usuário entra com os dados e o CP os recebe e trata. Já o Context Agregator (CA) agrupa a informação de vários provedores de contexto. O Context Reasoner (CR) executa os processos de inferência a partir do contexto. Em seguida o QOC Evaluator (QOCE) ou Avaliador de qualidade de contexto é utilizado para melhorar as decisões a serem tomadas.

Já o Service Adapter (SA) é responsável para detectar se determinada informação é relevante para o contexto de saúde diante dos ciclos de (1) criação do conhecimento, (2) tomada de decisão e (3) ações de cuidados de saúde.

2.2 Aplicações Sensíveis ao Contexto

O dicionário Houaiss (2001) define contexto como um conjunto de palavras, frases ou texto que precede ou se segue a determinada palavra, frase ou texto e que contribuem para o seu significado. Podemos entender desta definição que contexto são circunstâncias que acompanham a situação ou determinado fato. A depender do contexto, nos portamos de maneira diferente, como por exemplo: nos portamos de uma maneira no ambiente de trabalho (contexto) e de uma maneira diferente quando estamos na praia (contexto).

Apesar de exemplificar de maneira clara o que é contexto, esse tipo de definição apresentada anteriormente é de difícil aplicação na área da computação. Outras abordagens com definições mais específicas foram surgindo com o passar do tempo. No trabalho de Schilit, Adams e Want (1994) são definidos 3 aspectos importantes para o contexto: (1) onde você está, (2) com quem você está e (3) quais recursos estão próximos. Pascoe (1998) define contexto como um conjunto de estados de interesse conceituais e físicos para uma entidade em particular.

O desenvolvedor precisa identificar se determinada informação é contexto ou não para determinada aplicação em determinado momento. Tomando como exemplo uma aplicação móvel de acompanhamento de um *tour* em um museu a céu aberto, tanto as informações de tempo (clima, precipitação, umidade etc.) quanto as informações de pessoas (quantidades em cada setor) são informações de contexto. Já em locais fechados a informação de tempo não representa uma informação de contexto.

Davies et al. (1999) realizou um trabalho semelhante ao apresentado acima. Foi desenvolvido uma aplicação de guia turístico sensível a contexto para a cidade de *Lancaster* na Inglaterra. A solução combinava computação móvel, comunicação sem fio e sistemas embarcados para prover aplicações interativas (DAVIES et al., 1999).

No sentido de simplificar o desenvolvimento de aplicações sensíveis ao contexto, Dey (2001) define “contexto (como) qualquer informação que pode ser utilizada para

caracterizar a situação de uma entidade. Uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e uma aplicação, incluindo o usuário e a aplicação”.

É possível, portanto, definir que um sistema computacional é sensível ao contexto se ele fizer uso desse contexto para prover informações ou serviços relevantes para o usuário de acordo com a sua tarefa no momento (DEY, 2001).

No que concerne a assistência domiciliar à saúde, os sistemas sensíveis a contexto podem fazer uso de informações de sensores de saúde (captura de sinais vitais do paciente), sensores de propósito geral (capturas no ambiente), ou ainda sensores virtuais (conjunto de programas cuja função é varrer as redes sociais e extrair informações válidas para determinada situação).

2.3 Assistência Domiciliar à Saúde

Segundo Mello (2008), uma das primeiras instituições voltadas para o cuidado com a saúde foi a fundação da Santa Casa de Misericórdia de Santos, em 1543. A principal atividade era prestar assistência de cunho caritativo a pessoas pobres e desabrigados. Tal estrutura permanece inalterada até o final do século XIX e início do século XX.

Com o Governo Getúlio Vargas, a partir de 1930, ocorre no Brasil o processo de industrialização, que trouxe crescimento rápido e desordenado às cidades, principalmente São Paulo e Rio de Janeiro. As transformações econômicas e sociais resultantes desse processo, a falta de saneamento básico, a pobreza etc. foram motivos para que parte da população reivindicasse mais atenção do Governo em relação aos cuidados de saúde (CARVALHO, 1984).

Carvalho (1984) indica, ainda, que apesar dessa pressão, não existiu uma política de saúde clara por parte das autoridades. Muitas vezes, algumas ações se voltavam para a criação de condições sanitárias mínimas, que se mostravam limitadas frente às reais necessidades da população. Dessa forma, as décadas subsequentes não foram significativas no tocante a uma ampliação dos serviços de saúde oferecidos à população.

Conforme análise de Andrade (2001), no início da década de 1980, surgem tentativas de universalizar o acesso da assistência à saúde. Alguns programas e sistemas foram iniciados, sendo válido citar o (i) Sistema Único e Descentralizado de Saúde, o SUDS e (ii) o Sistema Único de Saúde, o SUS. Entretanto, em virtude da vigência da ditadura militar, implantada em 1964, que levou o país a vivenciar um estado de exceção, tais propostas não conseguiram se concretizar. Assim, somente no período da redemocratização, ocorrida em meados dos anos 1980, é que o SUS foi criado oficialmente pela Constituição Federal

de 1988, Lei 8080/90¹, com o objetivo de garantir à população Brasileira o acesso universal às ações e serviços de saúde.

O avanço tecnológico nos hospitais tornou-se intenso logo após a 2ª guerra mundial, com isso aprimorou-se a prática médica e a infraestrutura hospitalar (NORONHA; LIMA; MACHADO, 2008). Dessa forma, os hospitais deixaram de ser espaços para abrigarem pobres desamparados e passaram a proporcionar tratamentos mais elaborados. O hospital passa a oferecer procedimentos cirúrgicos, atendimentos de urgência e internações. Isso torna a instituição complexa, com uma atuação de caráter menos íntimo e acolhedor. Além disso, estudiosos começam a identificar a possibilidade de tratamentos e cuidados com a saúde que não estejam, necessariamente, vinculados ao ambiente hospitalar.

Como consequência, surgiram diversas mudanças no atendimento, em que a Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) se tornou uma modalidade disponível.

A Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) divide-se basicamente em grupos de enfermagem e fisioterapia - nas modalidades mais básicas - até um atendimento multiprofissional, possibilitando um apoio ao paciente como um todo. A ADS pode ser provida tanto pelo setor privado quanto pelo setor público (AMARAL et al., 2001).

Os primeiros registros da ADS no Brasil surgem em 1967, na cidade de São Paulo, no Hospital do Servidor Público. O principal objetivo dessa abordagem era a liberação de leitos no hospital, levando para o domicílio procedimentos básicos, de baixa complexidade clínica.

No começo da década de 90, segundo Tavolari, Fernandes e Medina (2000), houve um aumento na quantidade de empresas privadas provendo o serviço de ADS, com atuação de cinco empresas que prestavam esse tipo de serviço. Já em 1999, esse número subiu, consideravelmente: saltou para mais de 180 (TAVOLARI; FERNANDES; MEDINA, 2000).

A ADS pode ser definida como uma sequência de serviços residuais a serem oferecidos depois que o indivíduo já recebeu atendimento primário e prévios. Ou seja: aquele que já recebeu atendimento primário com consequente diagnóstico e tratamento e pode ser acompanhado remotamente (AMARAL et al., 2001) .

Amaral et al. (2001) lembram, ainda, que o atendimento domiciliar pode acelerar a recuperação do paciente e promover a redução de custos hospitalares, além de ser uma solução mais humanista para os portadores de doenças crônicas ou de longa duração, frente à hospitalização. Dessa forma, a assistência domiciliar à saúde tem como objetivos principais: (1) humanização no atendimento; (2) maior rapidez na recuperação do paciente, devido à proximidade com os seus familiares; (3) diminuição do risco de infecção hospitalar; (4) otimização de leitos hospitalares para pacientes que deles necessitem; e (5) redução do custo/dia da internação.

¹ Acessível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8080.htm>

2.3.1 Atores envolvidos

Para o entendimento geral da modalidade ADS faz-se necessário separar e explicar a atuação de cada um dos envolvidos. O paciente, para quem está voltado, fundamentalmente, todo o sistema, é aquele que sofre algum problema físico ou mental. A família é responsável por prover um ambiente propício a sua melhora.

Outra figura importante na atenção ao paciente é a equipe multiprofissional que pode ser composta de médicos, enfermeiros, psicólogos, terapeutas, assistentes sociais, farmacêuticos, cuidadores e outros, conforme necessidade do paciente. A equipe visa propiciar, através da integração das diversas áreas de conhecimentos, a melhoria efetiva do paciente.

O cuidador, em muitos casos, é um familiar, alguém próximo à família. Também pode ser alguém contratado. Seu papel principal é cuidar do paciente, ajudando nas tarefas diárias como alimentação, lazer, socialização e limpeza do paciente, entre outros (AMARAL et al., 2001).

2.3.2 Terminologia

Apesar de não haver uma definição formal, a Assistência Domiciliar à Saúde pode ser separada em três modalidades, diferenciadas, principalmente, pelo grau de atenção dispensada ao paciente.

- TAVOLARI; FERNANDES; MEDINA
 - Assistência Domiciliar à Saúde
 - * Internação Domiciliar à Saúde
 - * Atenção Domiciliar à Saúde
- GIACOMOZZI; LACERDA
 - Atenção Domiciliar à Saúde
 - * Internação Domiciliar à Saúde
 - * Assistência Domiciliar à Saúde
 - * Visita Domiciliar

É defendido por Tavolari, Fernandes e Medina (2000), que o termo Assistência Domiciliar à Saúde é genérico e referente a todo e qualquer procedimento de saúde realizado em domicílio, não importando o grau de complexidade. Já o termo Internação Domiciliar é aplicado quando, dos procedimentos realizados, o cuidado intensivo e multiprofissional é perceptível, caracterizando-se ainda pelo transporte de parte da estrutura hospitalar para o domicílio do paciente. O paciente, nesse caso, é categorizado com complexidade alta ou moderada. Já no Atendimento Domiciliar, o paciente encontra-se num estado de menor complexidade médica, e a atenção a ele dispensada pode ou não ser realizada por uma equipe multiprofissional (TAVOLARI; FERNANDES; MEDINA, 2000).

Giacomozzi e Lacerda (2006) faz uma inversão das categorias propostas por Tavolari, Fernandes e Medina (2000) e define Atenção Domiciliar à Saúde como um termo mais genérico, englobando o atendimento, a visita e as internações domiciliares (GIACOMOZZI; LACERDA, 2006). Segundo a autora, a atenção domiciliar representa todo cuidado permanente a saúde, pois os serviços de saúde são oferecidos ao indivíduo e sua família minimizando os efeitos das incapacidades ou doenças, incluindo aquelas sem perspectiva de cura. Já o termo Assistência Domiciliar à Saúde é formado por atividades de cunho ambulatorial, adicionando a essa categorização a modalidade Visita Domiciliar, voltada para verificar a realidade do paciente, além de realizar ações educativas.

A despeito da diversidade de categorização apresentada pelos autores, ao nosso trabalho interessa tanto aqueles pacientes que inspiram maiores cuidados, correndo, inclusive, risco de vida, quanto aqueles que demandam menos preocupações - mas que, invariavelmente, estão sob os cuidados fora do ambiente hospitalar.

2.4 Sistemas Embarcados

Sistemas Embarcados estão inseridos em nossos cotidianos. Aparelhos como *smartphones*, *tablets* - com alto poder de processamento, e produtos comumente encontrados em nossas casas, a exemplo do forno de micro-ondas, geladeiras e máquinas de lavar roupas contém sistemas embarcados. Também são sistemas embarcados os computadores de bordo e controle de freios ABS (*Anti-lock Breaking System*)² em nossos carros. Essa diversidade de aplicações explicita a importância dessa área.

Nos exemplos citados anteriormente temos uma classificação quanto a funcionalidade dos sistemas embarcados. Sua definição, porém, não é simples, nem muito menos taxativa, uma vez que possuem uma grande complexidade em sua composição. Dessa forma, podemos definir, a princípio, sistemas embarcados como qualquer dispositivo/equipamento que disponha de um sistema programável e que seu objetivo não seja o de um computador de propósito geral³ (WOLF, 2012).

Marwedel (2010) define: “Sistemas Embarcados (como) sistemas de processamento de informações incorporados à produtos.”, e, adicionado à esta definição, lista 5 características importantes:

- Segurança: dados confidenciais transmitidos ou recebidos pelo equipamento devem permanecer confidenciais e a comunicação deve ser autêntica;

² ABS: tecnologia de freio considerada segura pois seu funcionamento impede que, em uma brecha, as rodas deslizem, tornando difícil controlar o veículo

³ Computador de propósito geral é aquele em que é possível executar as mais diversas tarefas, tais como navegar na Internet, escrever documentos, executar jogos etc. Ou seja: não há uma função específica a ser realizada. Pelo exposto, percebe-se a complexidade da definição de sistemas embarcados, uma vez que, muitos deles desempenham funções que antes cabiam apenas ao computador de propósito geral.

- Seguro: característica indicativa de que o sistema não causará nenhum dano àqueles que o utilizam;
- Disponibilidade: sistema disponível para executar as funções para as quais foi programado;
- Confiabilidade: probabilidade que o sistema tem de que não falhará em sua execução; e
- Manutenibilidade: caso o sistema venha a falhar, deverá ser consertado em uma determinada janela de tempo.

Além disso, propriedades como sensores coletando informações do ambiente físico e atuadores controlando o ambiente no qual estão inseridos também caracterizam um sistema embarcado (MARWEDEL, 2010).

2.4.0.1 Arquitetura

A literatura divide o sistema embarcado em duas áreas, o *hardware* e o *software*. O primeiro é composto pelas partes físicas do sistema, tal como o processador, memória, interfaces de entrada e saída etc. O segundo é composto pelos componentes lógicos do sistema, ou seja, os programas que irão executar as funções previamente definidas do sistema embarcado.

No processo de *design* do sistema embarcado considera-se, dentro dos requisitos de *hardware*, quais dos processadores disponíveis no mercado atende melhor a necessidade do projeto, assim como é necessário identificar a quantidade de memória a ser utilizada pelo *software*.

Ainda referente ao processo de *design* é necessário determinar quais serão as interfaces de entrada (responsáveis por receber os dados para posterior processamento) e as interfaces de saída (responsáveis por apresentar os dados processados). Em paralelo, os requisitos de *software* são alinhados para que o *hardware* seja melhor aproveitado (WOLF, 2012).

A depender da finalidade do produto, esses requisitos diferem bastante. Por exemplo: o sistema embarcado responsável por controlar uma máquina de lavar é simples (em termos de funcionalidade, processamento, consumo de energia etc.), uma vez que aplica um componente microcontrolador de baixo poder de processamento (tal qual um microcontrolador PIC⁴ de 16 bits) e um circuito auxiliar para atender as especificações de entrada e saída do sistema, assim como uma possível comunicação com outros sistemas.

Já o sistema embarcado em um *smartphone* realiza diversas funções, tem um alto nível de processamento de dados e consome muita energia. Para atender a estes requisitos,

⁴ Família de microcontroladores desenvolvida e fabricado pela empresa *Microchip Technology* comumente utilizado em sistemas embarcados que não necessitam de muito processamento.

a equipe responsável pelo *design* utiliza vários processadores de alto poder computacional (tal qual processadores ARM⁵), como interface de entrada e saída uma tela sensível ao toque e faz uso, ainda, de diversos sensores para ajudar na usabilidade do dispositivo.

Semelhante aos *smartphones*, o sistema embarcado utilizado neste trabalho, o *Set-Top Box* (STB), processa grande quantidade de dados, além de realizar diferentes funções.

2.5 Internet das Coisas

Nesta seção serão abordados o histórico e o surgimento do termo Internet das Coisas (*Internet of Things*, IoT), definições na literatura, arquiteturas e exemplos de aplicações de IoT nas cidades, na zona rural e na saúde.

2.5.1 Histórico

Ashton (2009) defendeu que a Internet das Coisas tinha potencial para mudar o mundo, assim como a Internet mudou. Desde então pesquisas em diversas áreas, a inovação tecnológica e a atualização de conceitos já existentes, possibilitaram o surgimento da tecnologia Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*).

O termo IoT, apesar de recente remete a estudos realizados no final da década de 1990. Antes de IoT, termos como “computação ubíqua” e “computação pervasiva” eram os tópicos quentes⁶ nas pesquisas acadêmicas.

À época dos estudos, percebia-se o distanciamento ou o desaparecimento da figura “computador pessoal (PC)”, em nosso cotidiano. A tecnologia estava difundida ao ponto do termo “era pós pc” ser encontrado em diversos estudos (BONILLA; PRETTO, 2011; CHEN, 2011; PRESS, 1999) nas áreas de sistemas embarcados e tecnologias móveis.

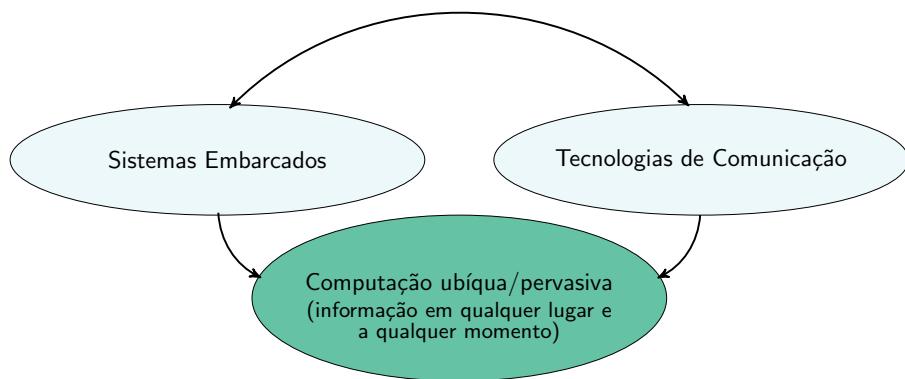
Além disso, os estudos abordavam a convergência das diversas tecnologias através de: melhoria nos meios de comunicação, melhoria no poder computacional dos sistemas embarcados, melhoria contínua das baterias etc., proporcionando um ambiente em que seria possível encontrar tecnologia em todo lugar (LYYTINEN; YOO, 2002).

À essa tecnologia “em todo lugar” e ao distanciamento do usuário com o computador pessoal deu-se o nome de computação ubíqua. Weiser (1991), considerado o pai desse termo, antecipou que encontrariámos tecnologia nos diversos objetos do nosso cotidiano, tais como etiquetas de roupas e alimentos, cadeiras, geladeiras, lixeiras, interruptores de luzes etc. Essa previsão de Weiser já se concretizou em vários dispositivos.

⁵ ARM - *Advanced RISC Machine*. Empresa que desenvolve processadores de arquitetura RISC, comumente utilizados em sistemas embarcados que necessitam de um poder de processamento alto.

⁶ Tópicos quentes são tópicos que estão em relevância na época em questão (final da década de 1990) em que muitos pesquisadores depositam seus estudos.

Figura 3 – Representação gráfica das influências nas áreas de sistemas embarcados, computação ubíqua/pervasiva e meios de comunicação.



Fonte: Próprio autor.

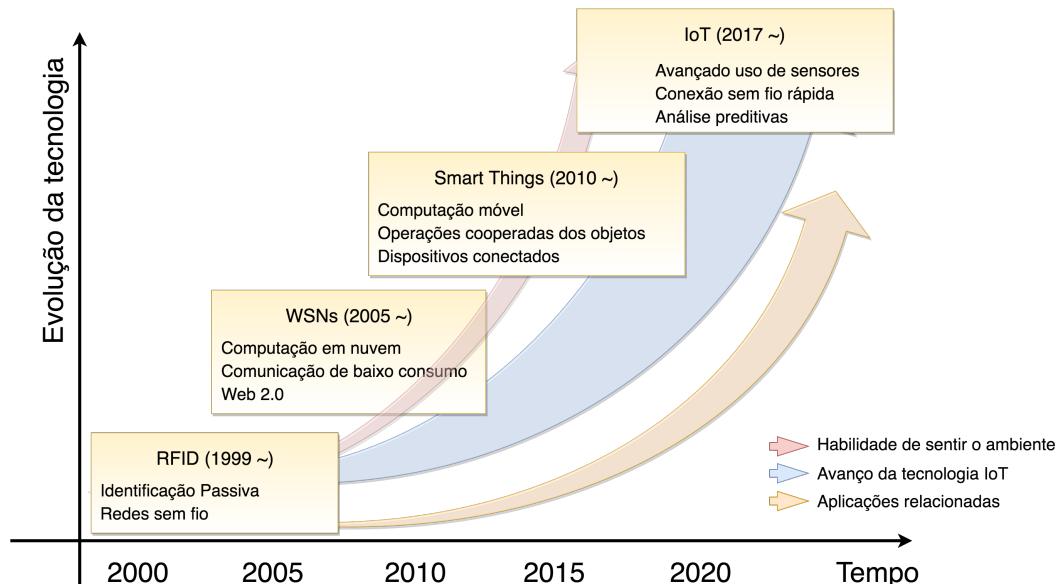
Muitas vezes, a tecnologia inserida nesses objetos é invisível para o usuário final e essa transparência era defendida por Weiser (1991) para apresentar um outro termo, a “computação pervasiva”, assim definida pelo autor: “(...) criar um computador tão embarcado, tão natural que o usariamos sem nem pensar sobre ele”. Além disso, computação pervasiva está relacionada à capacidade de dispositivos serem embarcados no mundo físico, obtendo informações do meio para auxiliar na computação, integrando, dessa forma, o ambiente físico e o mundo virtual (BOLSONI; CARDOSO; SOUZA, 2009; ARAUJO, 2003). A figura 3 demonstra a interligação entre as áreas de sistemas embarcados, computação ubíqua e pervasiva com as tecnologias de comunicação.

Segundo Hansmann et al. (2013), a computação pervasiva tem 4 princípios fundamentais, detalhados a seguir:

- Descentralização: os diversos dispositivos cooperam entre si e realizam pequenas tarefas e funções, contribuindo para o estabelecimento de uma dinâmica rede de comunicação. Podemos citar como exemplo os diversos dispositivos implantados na casa proporcionando conectividade em toda a extensão do lugar.
- Diversificação: diferente do computador de propósito geral - que proporciona a execução de várias tarefas - cada dispositivo tem um propósito específico atendendo a necessidades únicas. Podemos citar, como exemplo, um sensor para leitura do nível de oxigênio no sangue, um relógio inteligente que conta quantos passos uma pessoa deu durante o dia etc. Dentro dessa diversidade, cada um desempenha uma função específica.
- Conectividade: os dispositivos devem interagir de maneira transparente e aqueles que são móveis devem mudar entre redes heterogêneas, sem o auxílio de um usuário. A conectividade diz respeito, também, à relação transparente entre dispositivo e usuário;

- Simplicidade: As funções desempenhadas pelos dispositivos devem ser simples e de fácil execução. Existem tipos de dispositivos que não requerem uma interação com o usuário; outros, no entanto, exigem alguma configuração e, nestes casos, a interação deve manter-se simples, capaz de oferecer acesso rápido ao usuário.

Figura 4 – Histórico das tecnologias que fundamentaram o surgimento da *Internet of Things*.



Fonte: Adaptado de Li, Xu e Zhao (2015).

A figura 4 representa uma evolução das tecnologias que fundamentaram o surgimento da Internet das Coisas. Os estudos foram aplicados, inicialmente, em tecnologias como RFID (*Radio Frequency Identification* ou Identificação por rádio-frequência). Essa tecnologia permite a identificação de objetos através de *tags* e leitores. As *tags*, em sua maioria, são do tipo passiva, ou seja, os leitores devem emitir a energia necessária para que ela funcione. Há ainda as *tags* ativas - com bateria interna enviando sua identificação periodicamente -; e semi-passivas, com bateria interna que, no entanto, envia sua identificação quando um leitor se aproxima (WANT, 2006). A aplicabilidade desta tecnologia se dá, principalmente, para identificar e rastrear um objeto.

Em seguida, as Redes de Sensores Sem Fio (*Wireless Sensor Network*, WSN) foram ganhando espaço nos estudos acadêmicos. As redes são constituídas de nós que monitoram o ambiente ou as condições do ambiente em que estão inseridos. Cada nó está conectado a um ou mais nós. Dessa maneira os dados são repassados até um nó principal (nó *gateway*),

tornando o dado disponível (LEWIS et al., 2004).

Posteriormente, as *smart things* colaboraram para o surgimento do IoT. Através da computação móvel e de dispositivos conectados foi possível explorar a cooperação entre dispositivos, tais como os *smartphones* e *smartwatches*.

Possibilitado por todo o avanço tecnológico descrito anteriormente e em conjunto com as várias tecnologias, o IoT, através de uma conexão a redes sem fio mais rápida, através de sistemas embarcados menores e com a possibilidade de aplicar análises preditivas aos dados coletados, torna-se realidade.

2.5.2 Definições

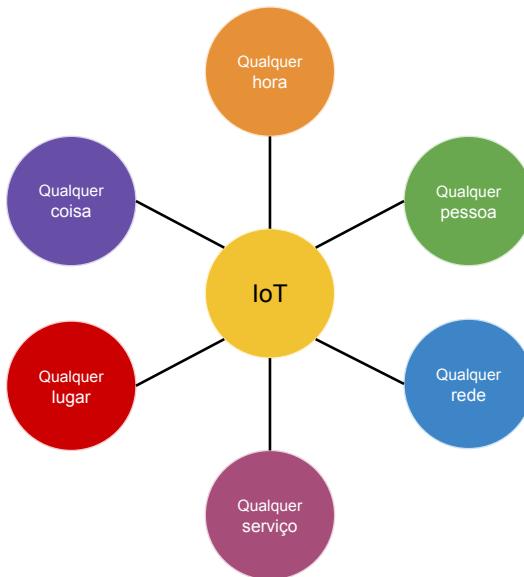
Na revisão sistemática sobre IoT, Li, Xu e Zhao (2015), defende IoT como parte da Internet do futuro, sendo constituída de bilhões de “coisas” inteligentes que se comunicam entre si. Já Pretz (2013) define IoT como um conjunto de coisas conectadas por uma rede sem fio e que são capazes de interagir entre si, sem interferência humana. Já Guillemin, Friess et al. (2009) define: IoT permite que pessoas e coisas estejam conectadas a qualquer hora, em qualquer lugar com qualquer coisa e qualquer pessoa usando uma rede de comunicação.

A IoT é um conceito em que o mundo virtual da tecnologia da informação se integra perfeitamente com o mundo real das coisas. A detecção do *status* das coisas através de sensores em adição a coleta e processamento de dados detalhadamente permite que sistemas respondam de imediato a qualquer mudança no mundo físico (UCKELMANN; HARRISON; MICHAELLES, 2011).

Um grupo europeu de pesquisa em IoT definiu: (IoT como) uma parte integrante da Internet do Futuro, tornando-se parte da infraestrutura de uma dinâmica rede global com capacidade de autoconfiguração baseada em padrões e protocolos de comunicação interoperáveis em que “coisas” possuem identidade, atributos físicos e personalidade virtual além de possuírem interfaces inteligentes e estarem integrados com a rede de informação (CERP-IOT, 2009).

Além disso, Guillemin, Friess et al. (2009) espera que as “coisas” de IoT se tornem participantes ativas em processos sociais, de negócio e de informação - preparadas para se comunicar entre si e com o ambiente. Assim seria possível a troca de dados e informações sobre o ambiente em que estão inseridos ao mesmo tempo que reagem de forma autônoma com o mundo real, possibilitando a criação de serviços com ou sem a intervenção direta de um ser humano.

Figura 5 – Ilustração da definição de IoT.



Fonte: PERERA et al., 2014.

IoT habilita sistemas, portanto, a capturar, armazenar e transmitir dados de modo a crescer a quantidade de áreas atendidas por esse tipo de tecnologia. Alimentação, segurança, indústrias, logística, turismo e armazenamento são algumas das áreas em que a aplicação de IoT é abrangente e traz benefícios (XU et al., 2014).

2.5.3 Aplicações

IoT pode ser aplicado a diversas áreas, porém, os três principais grandes domínios que o IoT está sendo aplicado são: (1) cidades inteligentes, (2) indústria e (3) saúde.

Cidades inteligentes englobam, por exemplo, tópicos como mobilidade urbana inteligente e turismo inteligente. Através do monitoramento do tráfego será possível oferecer novas rotas de deslocamento, compartilhar modais (bicicletas, ônibus, metrô e carros) para alcançar o destino rapidamente e sugerir rotas alternativas para bombeiros, policiais ou serviço de emergência em saúde. As vegetações nas praças urbanas podem ser irrigadas de acordo com a presença ou não das chuvas. A iluminação das vias públicas podem ser acionadas apenas quando na presença de pessoas. Assim como o turismo, que também pode ser beneficiado através de melhores meios de transporte na cidade.

Smart grid é um outro tópico ligado a cidades inteligentes. Através das aplicações nesta área será possível identificar falhas na rede elétrica em tempo real e proporcionar melhores prestações de serviço aos usuários. Casas e prédios inteligentes entram nessa categoria também.

Ligado a estes tópicos, casas inteligentes têm sido uma área de aplicação de IoT bastante ativa. Através de sensores e interfaces de comunicação, os objetos da casa ganham novas funções. A patente de Yang (2005) registra uma lixeira inteligente que abre sua tampa de acordo com a proximidade do usuário. Já a pesquisa de Wang, Wang e Hou (2013) demonstra a utilização de sensores em uma geladeira. A partir de um sistema de gerenciamento da geladeira é possível ter informações das comidas e recomendar receitas para o usuário de acordo com os alimentos disponíveis, além de verificar quais itens estão próximos do final da validade ou faltantes e gerar uma lista de compras personalizada.

A área da indústria será também uma das mais beneficiadas com as aplicações em IoT. São tópicos de relevante interesse, agricultura e pecuária, logística e processos industriais em geral. O rastreio e identificação do animal pode ser auxiliado pelo IoT, assim como o plantio de monoculturas, monitoramento e irrigação. Até mesmo o armazenamento dos grãos pode ser acompanhado em tempo real. Nos processos industriais o IoT pode auxiliar em todo o processo de produção de veículos, por exemplo.

O domínio da saúde listado anteriormente tem os seguintes tópicos principais: cuidados médicos e de saúde e vida independente para idosos e doentes, este último, aliás, está intimamente ligado a este trabalho e é um dos tópicos mais estudados, tendo como base IoT e cuidado da saúde.

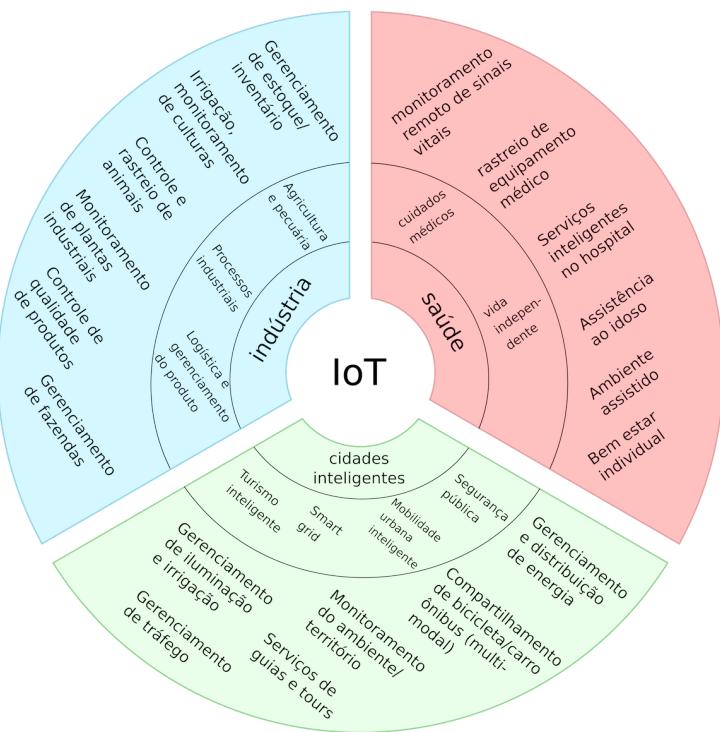
Os ganhos para os idosos são perceptíveis, o IoT visa possibilitar um ambiente onde ele tenha assistência sempre que precisar. Através do monitoramento de sinais vitais e do comportamento diário é possível inferir sobre o estado de saúde do idoso. A captura de sinais vitais pode ajudar, ainda, no diagnóstico de uma doença ainda por vir.

Por exemplo, os dispositivos *smartphones* e *smartwatches*, sensores de saúde e até mesmo roupas inteligentes permitem que o indivíduo que os carrega tenha um poder computacional que o permita utilizar serviços que um computador oferece, independentemente da sua localização (ARAUJO, 2003).

A área de atendimento domiciliar, portanto, é uma importante área de aplicação de IoT. Segundo Xu et al. (2014), IoT é adotado para melhorar a qualidade do serviço e reduzir custos. Um número cada vez maior de sensores de saúde e dispositivos capazes de capturar sinais vitais do paciente estão surgindo, possibilitando um monitoramento do paciente em tempo real.

O gráfico da figura 6 ilustra o que foi descrito anteriormente de forma circular o que remete a interoperabilidade entre as áreas citadas.

Figura 6 – Ilustração das áreas em que o IoT poderá atuar e suas conexões.



Fonte: Adaptado de Gil et al. (2016).

2.6 Plataforma OpenIoT

Com o intuito de tratar a grande quantidade de dados provenientes de todas as “coisas”, os grupos de pesquisa estudaram e desenvolveram *middlewares* com as mais diversas características. Desse grupo destacam-se as soluções: (1) Kaa⁷, (2) Thingsboard⁸ e (3) OpenIoT⁹.

Dos três listados anteriormente, este trabalho verificou que a plataforma OpenIoT foi a que mais contribuiu, em termos de ideias, conceitos e arquitetura para a solução proposta. Apesar de apresentarem casos de uso para cidades inteligentes, indústria e até mesmo cuidados de saúde, não foi encontrado na literatura tal documento que indique o mesmo para as outras duas abordagens.

Constatamos, portanto, que o OpenIoT - uma plataforma mantida pela União Europeia para Pesquisa e Inovação (FP7 - *European Union's Research and Innovation*) - tem como objetivo principal a implantação de uma infraestrutura de *middleware* capaz de integrar soluções de Internet das Coisas.

⁷ Kaa é um middleware para IoT disponível em <<https://www.kaaproject.org>>

⁸ Thingsboard é uma plataforma que permite o monitoramento e controle dos dispositivos IoT, disponível em <<https://thingsboard.io>>

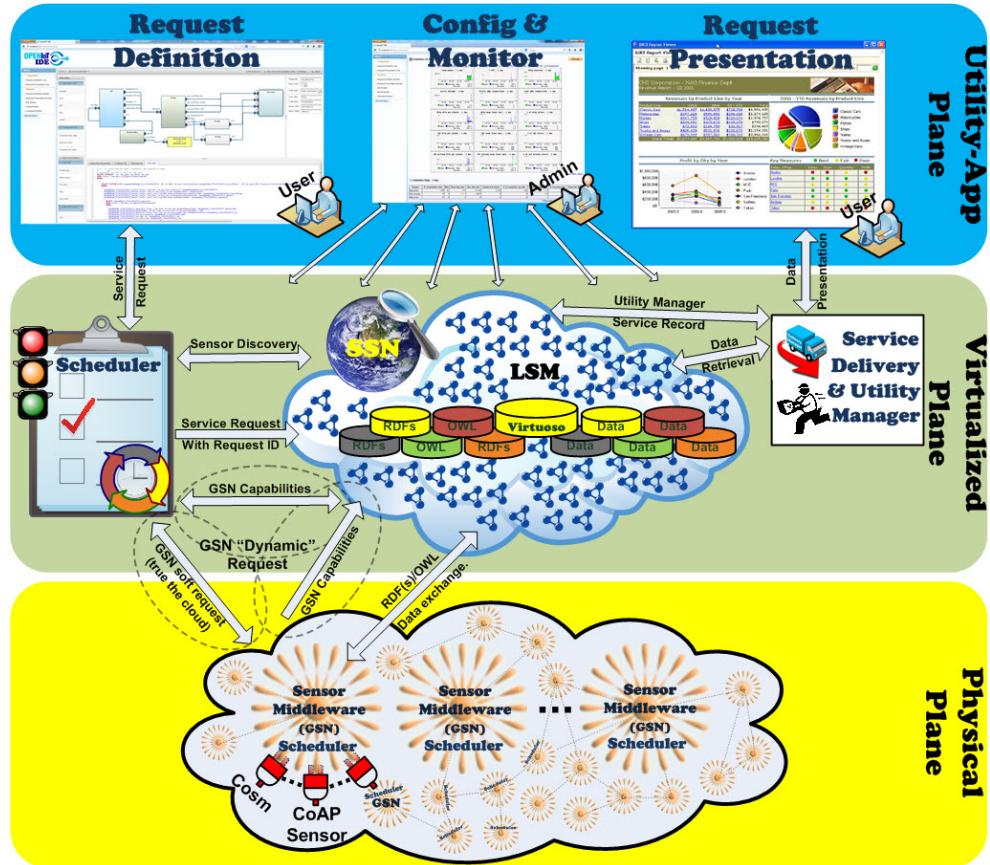
⁹ OpenIoT está disponível em <<http://www.openiot.eu/>>

O projeto enfatiza a convergência de Internet das Coisas e computação em nuvem, habilitando esses dois tópicos através de interoperabilidade semântica e dados ligados (*Linked Data*), desse modo, torna-se possível fornecer aos interessados uma “nuvem de coisas”.

A plataforma conta ainda com uma ontologia para padronizar a representação de sensores físicos e virtuais. Além disso, o *middleware* facilita a coleta de dados e garante o entendimento semântico da informação proveniente do sensor. Por fim, é pontuado no estudo a habilidade da plataforma de lidar com sensores móveis, possibilitando que uma série de aplicações sensitivas enviem dados para a plataforma.

OpenIoT foi arquitetado com 3 grandes seções: Aplicações e Utilitários, Plano virtualizado e Plano físico. A figura 7 ilustra as seções, seus módulos e suas conexões. Em seguida é detalhado as partes que compõem a plataforma OpenIoT.

Figura 7 – Arquitetura plataforma *OpenIoT*



Fonte: SOLDATOS et al., 2015.

A área de Aplicações e Utilitários é composta por três módulos. O principal objetivo desses módulos é permitir que o usuário final possa visualizar os dados (*Request Presentation*) comunicando-se diretamente com o módulo *Service Delivery and Utility*.

Manager. Já o módulo *Request Definition* permite que o usuário defina um conjunto de requisições a serem executadas pela plataforma OpenIoT. Por fim, o módulo *Configuration and Monitoring* permite que o administrador do sistema tenha uma visão de gerenciamento e configuração das funcionalidades dos sensores conectados a plataforma.

A camada do meio, nomeada de Plano virtualizado, também contém três módulos. O *Scheduler* agenda as requisições definidas no módulo *Request Definition*, além disso, realiza constantes requisições a procura de novos sensores a serem adicionados a plataforma OpenIoT. Já o módulo *Linked Stream Middleware* é responsável por persistir os dados dos sensores, é neste módulo que os dados são guardados de acordo com a semântica deles. As configurações e informações gerais referentes ao funcionamento do OpenIoT são guardados também nessa camada. Por fim, o *Service Delivery and Utility Manager* é responsável por consultar no banco de dados e retornar essa consulta para o módulo *Request Presentation*.

A terceira camada, Plano Físico, é composto por um módulo apenas. O *Sensor Middleware* é responsável pela aquisição dos dados de sensores reais ou virtuais. Ele atua como um *gateway* entre o mundo real e o virtual (plataforma OpenIoT). Se comunica diretamente com o *Linked Stream Middleware* possibilitando a persistência dos dados.

Percebe-se, através da descrição dos módulos, que a arquitetura está bem estruturada e que cada módulo tem seu papel definido. Além disso, a possibilidade de interoperabilidade semântica e *Linked Data* é um atrativo para a plataforma. A captura de dados tanto de sensores reais quanto sensores virtuais garante uma grande quantidade de dados. Por outro lado, apesar da documentação garantir que o usuário não precisa ser do meio técnico, é necessário bastante conhecimento da plataforma para a correta utilização.

3 Trabalhos relacionados

Neste capítulo serão apresentados os trabalhos relacionados à pesquisa. Na seção 3.1 é descrito o estado da arte dos sistemas de atenção domiciliar à saúde. Na seção 3.2 apresenta-se outras propostas semelhantes a arquitetura TV Health das Coisas.

3.1 Estado da arte

O trabalho de Koch (2006) é uma leitura do estado atual e dos tópicos mais estudados em relação a atenção domiciliar. Segundo KOCH, esta é uma das áreas que mais cresce nas pesquisas. O intuito de diminuir custos, permitir que o indivíduo tenha mais controle sobre seu estado de saúde e a preferência de envelhecer em casa e próximo de seus familiares faz com que a área esteja em alta. Alinhado a isso, o rápido crescimento da tecnologia da informação e da comunicação auxilia a melhoria de serviços na área.

Palavras-chave como “*home monitoring*”, “*home telemedicine*” , “*information systems and home care*” estão no topo de uma lista de termos buscados pela pesquisadora. Dentre os trabalhos publicados, grande parte encontra-se nos Estados Unidos da América, Reino Unido e Japão. Adicionado a isso, os estudos publicados têm como foco pacientes com doenças crônicas ou idosos.

É possível extrair do trabalho, ainda, que as linhas de pesquisas, a partir de 2000, envolvem casas inteligentes e sensores vestíveis - principalmente para detecção de quedas. Técnicas e soluções para vídeo consultas é um tópico importante para a área. Outros tópicos importantes negligenciados pelos trabalhos são as padronizações para comunicar sistemas incompatíveis e a falta de guias práticos para criação de casas com potencial atendimento em atenção à saúde à distância. A área de segurança de dados também cresce com o intuito de garantir a privacidade e confidencialidade dos dados.

A revisão sistemática de Paré, Jaana e Sicotte (2007) sobre tele monitoramento de pacientes com doenças crônicas apresenta como resultado estudos que obtiveram sucesso em detecção antecipada de doenças. Corroborando assim, com o estudo realizado por Koch (2006).

3.2 Outras propostas

O trabalho de Isern et al. (2011) (TS-1) descreve uma arquitetura descentralizada baseada em agentes para o *home care*. A arquitetura é dividida em três camadas: (1) Ca-

mada de conhecimento, representando um Registro Eletrônico de Saúde¹ (RES), ontologias e bancos de dados de atividades que podem ser realizadas por outros atores descritos no sistema. (2) Camada de abstração de dados é responsável por recuperar os dados de fontes e tecnologias diferentes, como por exemplo os dados das ontologias, de RES e de base de dados relacionais. Esta camada é uma espécie de *middleware*. (3) A camada baseada em agentes contém a interface *web* que os atores (equipe de saúde e pacientes) utilizam para interagir com o sistema. Além disso conta com os agentes, que são entidade que agem de maneira semi automática no sentido de realizar diversas tarefas do sistema.

O trabalho, no entanto, não explica de que maneira será possível acompanhar o doente no seu dia-a-dia, além de não aplicar ou permitir, na descrição da arquitetura, que haja um acompanhamento constante.

A arquitetura funcional descrita no trabalho de Capozzi e Lanzola (2010) (TS-2), envolve a criação de duas áreas de interesse. Parte da arquitetura é chamada de “Unidade de tratamento remoto” (*Replace Care Unit (RCU)*), responsável pela interação do usuário com o sistema. O sistema está implantado no centro de tratamento e é chamado de “Unidade Central de Tratamento de Saúde” (*Health Care Center Unit - HCCU*). Nesta camada estão descritos os sistemas utilizados pela equipe de saúde que acompanha o doente.

Além de usar dispositivos médicos para adquirir os sinais vitais, o trabalho enfatiza, ainda, a solução criada para melhor obter os dados médicos do paciente. Foi utilizado reconhecimento de voz através de ligações para um módulo implantado no HCCU. Na comunicação entre essas partes, trafegam, ainda, alertas, lembretes, informações para alimentar o RES do paciente e informações das atividades diárias do doente.

Do ponto de vista computacional, Capozzi e Lanzola (2010) optaram por uma arquitetura baseada em agentes, entre eles, um servidor, responsável por ser um ponto de encontro dos agentes móveis - (computadores de propósito geral ou *smartphones* para repassar os dados adquiridos pelos dispositivos). Há ainda, nos agentes móveis, espaço para a utilização de domínios de conhecimentos através de ontologias.

Apesar da inovação ao utilizar reconhecimento de voz para realizar a aquisição de dados, o trabalho não faz nenhum estudo relacionado a usabilidade dessa solução no cotidiano do doente. Além disso, não ficou claro se os dados coletados trafegam dentro do sistema através de um protocolo conhecido e aberto, o que permitiria que o sistema se comunicasse com outros sistemas de saúde.

O trabalho de Bajo et al. (2010) (TS-3) descreve a solução THOMAS (*MeTHods, Techniques and Tools for Open Multi-Agent Systems*). Uma arquitetura modular composta por serviços. Ela é dividida em três camadas: Facilitador de Serviços, Sistema de Geren-

¹ Documento estrutural responsável por manter um conjunto de informações de saúde e assistência de um paciente durante toda a sua vida.

ciamento Organizacional e Núcleo da Plataforma. O Facilitador de Serviços age como um *gateway* para que outras partes do sistema tenham acesso e para que duas entidades possam se comunicar, permitindo a utilização de um serviço. O sistema de Gestão da Organização é responsável pelo ciclo de vida de uma organização. Para o sistema, uma organização pode ser, por exemplo o atendimento em domicílio e é estruturado por meio de unidades. A unidade de alerta, unidade de tratamento, unidade de localização etc. No Núcleo da Plataforma é onde reside os serviços necessários para uma arquitetura multi agente, permitindo que vários agentes se comuniquem entre si.

O trabalho de Costa et al. (2012) (TS-4) descreve uma plataforma de três camadas. A camada de baixo nível de nome “Aquisição de dados e processamento”, realiza funções básicas de sistemas de monitoramento, coleta e processamento de dados dos sensores. A camada intermediária chamada de “Detecção de atividades” tem o propósito de detectar atividades humanas a partir dos dados coletados na primeira camada. A camada “Agendamento e tomadas de decisão” provê agendamento de alertas, consultas etc. além de servir de interface para o restante do sistema.

A aquisição de dados dar-se prioritariamente a partir de câmeras. Outra fonte de dados são os *smartphones*. A camada intermediária utiliza algoritmos de visão computacional para detectar atividades do dia-a-dia, repassando estas informações para a terceira camada. O agendamento utiliza as informações das outras camadas para realizar suas ações.

Apesar do descrito, o trabalho não informa se há a utilização de outros sensores no ambiente que não as câmeras e os *smartphones*. Também não deixa claro quais técnicas são utilizadas para o agendamento e as tomadas de decisão.

O trabalho de Palumbo et al. (2014) (TS-5) mostra a infraestrutura de redes de sensores necessária para atender um ambiente de atenção domiciliar. Sensores de saúde são utilizados no intuito de monitorar o paciente continuamente. Com isso, o sistema pode emitir alarmes referentes a possíveis problemas eminentes ou a longo prazo (de acordo com os dados coletados). Adiciona-se a essa abordagem um *middleware* com padrão OSGi² e uma aplicação sensível a contexto.

Neste trabalho, além do *middleware*, há uma infraestrutura de software composta de serviços responsáveis por interligar várias funcionalidades, tais como o serviço de armazenamento, responsável por persistir os dados remotamente e o monitoramento inteligente que permite o acesso ao reconhecimento de atividades e ao contexto. O sistema permite, ainda, uma visita remota a partir da utilização de um robô.

Apesar de não aparecer explicitamente os termos “computação ubíqua” ou “Internet das Coisas”, percebe-se a tentativa de utilizar técnicas e tecnologias referentes a estes

² OSGI - *Open Services Gateway initiative*. Descreve um padrão aberto para especificações que definem um sistema dinâmico de componentes para Plataforma Java.

assuntos. A proposta espera que o paciente esteja sempre próximo de um *smartphone* que é usado como *gateway* para o restante do sistema na nuvem. No entanto, não há uma abordagem na utilização de técnicas de inferência como aprendizagem de máquinas ou ontologias.

Spinsante e Gambi (2012) (TS-6) apresentam uma arquitetura sem fio centrada no domicílio para monitorar a saúde do paciente. Através dela o usuário tem pouca ou nenhuma interação com os dispositivos médicos, facilitando assim a utilização do sistema pelos idosos. A proposta utiliza um *framework OSGi* para lidar com os dispositivos médicos e uma aplicação interativa instalada no *Set-Top Box* (STB) conectado a tela da TV.

Além disso, um serviço na nuvem recebe os dados adquiridos pelos sensores. O *gateway* é a figura central da arquitetura proposta, ele é responsável por receber os dados dos sensores de saúde através da tecnologia *bluetooth* e transmiti-los para um repositório virtual na nuvem. Já as aplicações interativas instaladas no STB tem acesso aos dados através de uma API. A aplicação remota disponibiliza os dados através de uma interface *web*, que pode ser acessada pela equipe médica.

O trabalho não esclarece, no entanto, qual dispositivo desempenhará o papel do *gateway*, podendo ser um *tablet*, um *smartphone* ou um *Personal Digital Assistant* (PDA). Além disso, não utiliza nenhum tipo de inferência ou inteligência no sistema para que se possa alertar o paciente ou a equipe de saúde sobre uma possível anomalia.

Niiranen et al. (2002) (TS-7) utiliza a melhoria tecnológica proveniente da mudança da TV analógica para a TV digital para a criação da “TV Digital para cuidados médicos”. Focando na funcionalidade interativa da TV digital, o trabalho cria uma aplicação para *Set-Top Box* (STB). O usuário faz uso da aplicação através do controle remoto, entrando com valores das medições realizadas por ele ou um cuidador.

Além de serem apresentados na tela da TV, os dados são salvos em um banco de dados para posterior processamento. Este trabalho foca na parte técnica da TV digital e na interação que ela proporciona, não mencionando termos como sensores, informações de contexto ou inteligência artificial.

O trabalho de Chan, Ray e Parameswaran (2008) (TS-8) aborda a criação de um ambiente de monitoramento remoto baseado em sistemas de tecnologia da informação modernos. Para isso, uma arquitetura de vários agentes para dispositivos móveis foi desenvolvida. A arquitetura permite a coleta de dados e posterior recomendações para pacientes e equipe de saúde. A solução é dividida em 3 áreas de comunicação: (1) *Body Area Network* (BAN), responsável pela comunicação entre os sensores médicos com comunicação *bluetooth* e o dispositivo móvel do paciente, (2) *Personal Area Network* (PAN), responsável pela comunicação do dispositivo móvel (*smartphone*) com a rede de telefonia móvel (3G/4G) em que um agente é responsável por enviar para o servidor na nuvem os dados através de

webservices, (3) *Wide Area Network* (WAN) permite que a equipe de saúde acompanhe o estado do paciente através de um dispositivo móvel ou um computador de propósito geral (interface *web*).

Apesar da descrição com viés para a tecnologia de telecomunicação, Chan, Ray e Parameswaran (2008) apresentam características que encontramos em trabalhos descritos anteriormente, tais como: sensores médicos, monitoramento remoto e acompanhamento por parte da equipe de saúde. Tópicos como sistemas inteligentes, aplicações sensíveis a contexto e TV digital, no entanto, não entram no escopo do trabalho.

3.3 Comparação entre soluções

Foram extraídas dos trabalhos encontrados na literatura algumas características consideradas relevantes para a solução proposta nesta pesquisa. Por exemplo, apenas o trabalho semelhante 8 (TS 8) e a arquitetura proposta fazem uso de IoT. Já a utilização de padrões, uma característica importante, é considerada em apenas 4 trabalhos.

A Tabela 1 a seguir apresenta um comparativo simplificado, relacionando a presença das características dos trabalhos semelhantes com o que foi adicionado na solução proposta. O termo TS refere-se a “trabalhos semelhantes” enquanto que o termo SP refere-se a “solução proposta” neste trabalho.

Tabela 1 – Resumo das características das soluções semelhantes apresentadas anteriormente.

Características	Trabalhos semelhantes								SP
	TS 1	TS 2	TS 3	TS 4	TS 5	TS 6	TS 7	TS 8	
IoT	X	X	X	X	X	X	X	✓	✓
TV Digital como meio de interação?	X	X	X	X	X	✓	✓	X	✓
Sistema sensível a contexto?	-	✓	X	✓	✓	-	X	X	✓
Monitoramento por sensores?	X	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓
Utiliza sensores de saúde homologados?	X	X	X	✓	✓	X	X	✓	X
STB como hub?	X	X	X	X	X	X	X	X	✓
Camada de inteligência?	✓	✓	✓	X	✓	X	X	X	✓
Segue padrões abertos?	-	X	-	X	✓	✓	✓	-	✓

Fonte: Próprio autor.

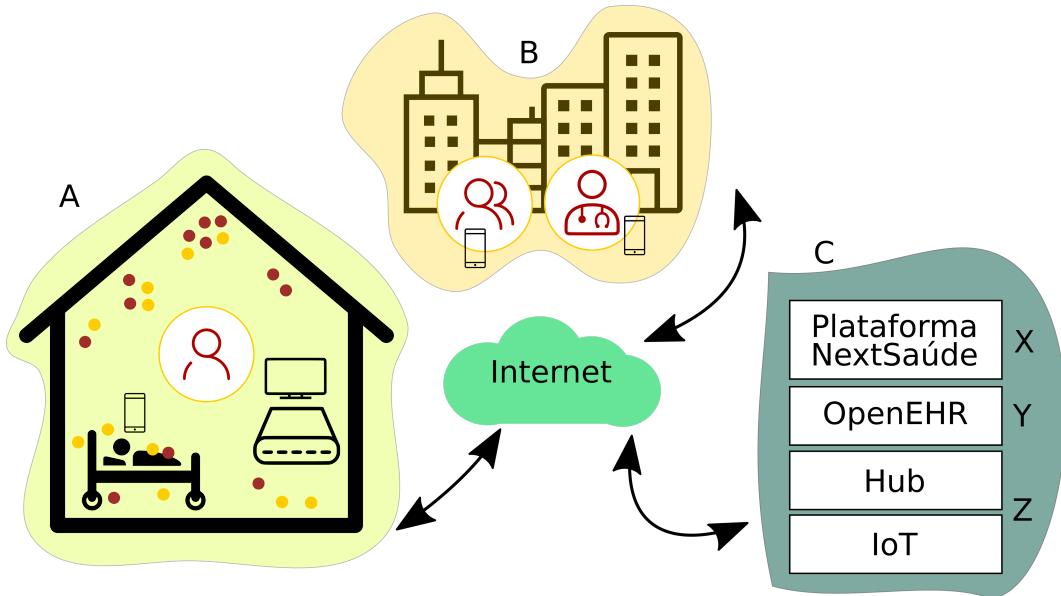
4 TV Health das Coisas

Neste capítulo será descrita a principal contribuição do trabalho composta pela modelagem dos cenários de Assistência Domiciliar à Saúde (ADS) dentro de uma perspectiva computacional, identificando aspectos funcionais que atendam os requisitos do ambiente de ADS e os elementos estruturais que apresentem a visão de engenharia da solução proposta.

4.1 Descrição de cenários

A Figura 8 representa, de maneira genérica, o cenário de aplicação da solução proposta neste trabalho. Nela podem ser verificados três ambientes. O ambiente A diz respeito ao domicílio do paciente. Já o ambiente B aborda os atores móveis, tais como, equipe de saúde, parentes, amigos etc. O ambiente C representa os serviços disponibilizados pela solução.

Figura 8 – Visão geral dos cenários abordados.



Fonte: Próprio autor.

4.1.1 Ambiente A

O ambiente A na Figura 8 representa o domicílio do usuário, seus atores locais (paciente, visitantes e cuidador e/ou parentes), os equipamentos responsáveis por realizar

a aquisição dos dados: o *Set-Top Box* (STB) (*gateway*), a TV, *smartphones*, outros dispositivos capazes de apresentar dados e informações úteis para a ADS.

Neste ambiente é possível monitorar constantemente o paciente. Isso é proporcionado pelo uso intenso de sensores que permite acompanhar, com mais clareza, a situação do doente. A partir do monitoramento é possível alertar à equipe de saúde (Ambiente B) sobre alguma situação incomum. É possível também lembrar ao paciente, por exemplo, a necessidade de tomar determinado remédio em um horário específico.

O cuidador tem papel importante na recuperação ou no cotidiano do paciente. A tecnologia inserida neste ambiente também tem função de ajudar este ator. O sistema pode enviar mensagens no intuito de auxiliar o cuidador no que concerne ao tratamento do paciente ou do idoso. É possível também o sistema informar a melhor maneira de se lidar com determinada situação ou simplesmente relembrá-lo da agenda diária do paciente.

Os familiares e visitantes, figuras constantes em um ambiente domiciliar, também podem ser informados sobre um fato novo na agenda do doente, algo inusitado ou ainda uma situação de urgência/emergência.

Nesse sentido, podemos inserir no ambiente domiciliar um conjunto de dispositivos dotados de sensores com o intuito de captar eventos no domicílio. Os eventos captados contribuem com informações de contexto para a arquitetura. É possível a utilização de sistemas para captar os sinais vitais do paciente, tais como: nível de oxigênio no corpo, batimentos cardíacos, temperatura corporal etc.

Outros tipos de sensores podem ser implantados para captar informações do ambiente, disponibilizando assim informações de contexto para o sistema, tais como ruído sonoro nos cômodos, presença dos atores no domicílio, temperatura ambiente etc. Os sensores de saúde e sensores gerais caracterizam um ambiente com tecnologia de Internet das Coisas (*Internet of Things - IoT*), uma vez que os dados coletados poderão ser utilizados para análises preditivas.

O STB já teve a função de recebimento do sinal televisivo para processamento e exibição do sinal na tela (SILVEIRA; ALCÂNTARA, 2014). Na arquitetura TV Health das Coisas, o STB ganha novas funcionalidades a partir do momento em que o conectamos à Internet. Os dados coletados pelos sensores são, então, enviados ao STB, que os processa, alimentando aplicações na TV, no *smartphone* ou em outros componentes do sistema.

Para exemplificar o ambiente descrito anteriormente, as próximas seções trazem simulações (situações fictícias) do doente em cenários em que a solução proposta nesta dissertação pode auxiliar.

4.1.1.1 Doente sozinho

Luísa, aposentada, 75 anos, vive sozinha em seu apartamento. Infelizmente, Luísa sofre de uma doença crônica e seu médico recomenda caminhada uma vez ao dia, durante 30 minutos. Além disso, foi prescrito à Luísa alguns medicamentos necessários para evitar as dores - cada um deles deveria ser ingerido em horários específicos.

Através do *Set-Top Box* (STB) acoplado à TV e conectado à Internet, é possível enviar à Luísa avisos e notificações lembrando de suas atividades diárias, como por exemplo, a caminhada de 30 minutos recomendada pelo médico além do medicamento a ser ingerido.

A partir da leitura de sinais vitais, proporcionada pelos sensores de saúde, e conectados ao STB, será possível enviar leituras de sinais vitais específicos de Luísa para o médico que a acompanha. Assim, Luísa poderá receber tratamento diferenciado ou comparecer a uma consulta de maneira antecipada caso seja detectado a necessidade para tal.

Esta simulação, portanto, exemplifica uma aplicação prática do sistema proposto.

4.1.1.2 Doente com um familiar

Roberto é autônomo, trabalha em casa consertando televisores e mora com sua filha de 16 anos.

Certo dia, Roberto não se sente bem e se deita. Tendo instalado a sua TV o STB com as aplicações da solução proposta ele conta com a disponibilidade de diversas funcionalidades que podem auxiliá-lo neste momento. Poderá, por exemplo, acessar uma das aplicação através do controle remoto. A aplicação apresenta um conjunto de imagens na TV, cada imagem exemplificando um sintoma. Usando o controle remoto, ele (ou a filha), seleciona os sintomas que melhor exemplificam o que ele está sentindo. Essa informação é processada e, em seguida, a aplicação apresenta uma notificação contendo uma segunda opinião, informando também a necessidade dele se apresentar a um médico. É importante ressaltar que o sistema não oferece ou indica nenhum tipo de medicamento, competência exclusiva do médico.

É possível, ainda, que a aplicação sugira, em determinados casos, procedimentos a serem realizados no paciente, momento em que a filha de Roberto teria o papel de cuidadora informal ao realizar tais procedimentos. A aplicação guiaria o cuidador informal em um processo passo a passo. Nesta simulação, percebe-se a importância de contar com um dispositivo que auxilie o cuidador e o paciente em situações de risco à saúde.

4.1.1.3 Doente com um cuidador profissional

Dona Clélia, aposentada, contratou um cuidador profissional para acompanhar seu marido, Francisco. Infelizmente, Francisco sofre da doença de Parkinson. Por conta do seu

contrato, o cuidador fica na casa apenas nos horários da manhã e tarde e de sobreaviso durante a noite.

Sabendo que o casal de idosos utiliza a solução proposta neste trabalho, e sendo o cuidador ciente das necessidades do doente, o cuidador poderá receber em seu celular ou acompanhar através da TV, informações para a realização de um procedimento inerente a um paciente com Parkinson.

4.1.2 Ambiente B

O ambiente B na Figura 8 diz respeito aos atores móveis do cenário geral. Os atores externos são a equipe de saúde, os familiares e amigos do paciente. Estes três tipos de atores estão em constante movimento e não visitam o doente frequentemente. Nesse sentido, o sistema disponibiliza meios para que fiquem a par da situação do paciente.

Estando os atores com um *smartphone* e este dispositivo conectado ao sistema, é possível receber alertas relacionados ao paciente. Os alertas podem envolver desde o *status* atual do doente, considerações acerca do cuidador até mensagens de cunho emergencial.

Já através da interface *web*, os atores mais beneficiados são a equipe de saúde e os familiares, pois eles têm acesso a informações mais detalhadas do paciente via esta forma de visualização de dados. Nesse modelo, os dados apresentados vão desde a leitura de alguns sensores instalados no ambiente de ADS até a visualização de sinais vitais do paciente.

4.1.2.1 Doente em situação de emergência

Maria é dona de casa. Além de ser hipertensa, esquece de tomar seu remédio em algumas ocasiões.

Certa manhã, Maria senta-se para assistir uma TV que possui o STB com a solução proposta. Passado alguns minutos, ela sente uma forte dor no peito seguido por um desconforto no braço esquerdo. Neste momento, Maria certa de que precisa de ajuda, pode acionar no controle remoto o “botão de pânico”.

A aplicação percebe o acionamento e toma algumas medidas, tais como, enviar mensagens de socorro através de SMS ou através de serviços de mensagens pela Internet para a equipe de saúde, para os amigos e familiares. Por fim, a aplicação pode enviar uma notificação para ser exibida na TV no sentido de tranquilizar o usuário.

Além disso, os sensores de saúde utilizados por Maria auxiliam os atores externos (equipe de saúde, familiares e amigos) a tomarem as medidas necessárias para o melhor atendimento de Maria. Em determinados casos, é possível, ainda, que a aplicação envie, através de notificações, sugestões de medidas a serem tomadas enquanto o socorro médico

não chega.

4.1.3 Ambiente C

O ambiente C na Figura 8 aborda, de forma geral, os serviços oferecidos pela TV Health das Coisas. Também o ambiente C mostra a forma como estes serviços se relacionam com os ambientes A e B. O ambiente C é descrito a partir de uma leitura *bottom-up* da Figura 8.

No subitem Z (lado direito da Figura 8) têm-se os módulos: Internet das Coisas ou *IoT* e o *hub*. A partir desses dois módulos é possível realizar a aquisição de dados dos sensores de saúde conectados ao paciente e sensores instalados no domicílio (ambiente A). Isso proporciona um monitoramento constante dos atores envolvidos, o que é ideal para uma situação de ADS. Os aspectos funcionais destes blocos serão apresentados na seção 4.2.

O subitem Y (lado direito da Figura 8) representa o módulo em que é feita a integração dos dados adquiridos à plataforma NextSaúde (subitem X). Para isso, ele utiliza o padrão OpenEHR (MOTA, 2016). Sua função é permitir que outros sistemas de saúde se comuniquem de maneira transparente e com o menor esforço técnico possível.

No subitem X (lado direito da Figura 8) encontra-se a plataforma NextSaúde. Esta plataforma oferece meios para que outros sistemas possam se comunicar com ela, possibilitando uma integração entre vários sistemas. Além disso, é através desta plataforma que a TV Health das Coisas tem acesso aos serviços de farmácia, regulação, leitos, entre outros descritos na pesquisa de Mota (2016).

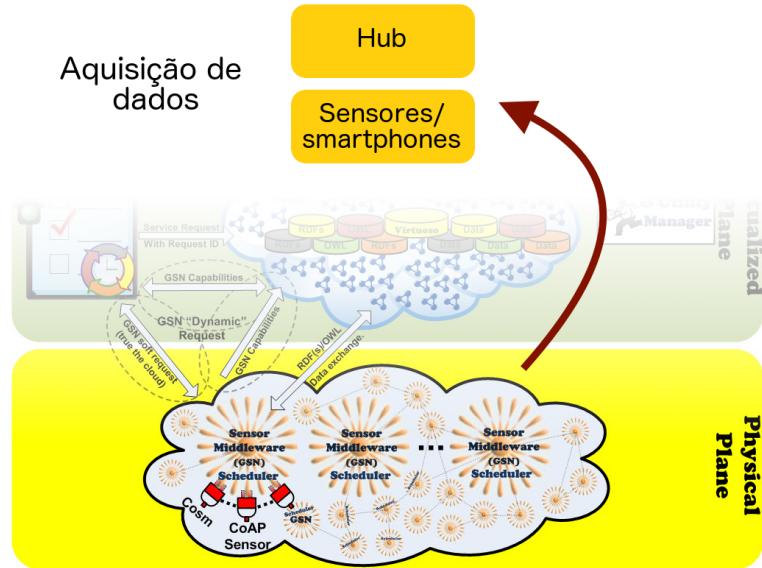
4.2 Descrição da arquitetura

A arquitetura TV Health das Coisas, proposta nesta seção, tem como base a plataforma OpenIoT (descrita na seção 2.6 na página 35). Como pode ser observado, o OpenIoT foi dividido em: “Plano Físico”, “Plano Virtualizado” e “Plano de Utilitários e Aplicativos”. Esta divisão em três planos serviu como referencial para a estruturação da arquitetura proposta neste trabalho, como pode ser observado a seguir.

A Figura 9 mostra a correlação entre o Plano Físico do OpenIoT e a camada de “Aquisição de dados” da TV Health das Coisas. Esta camada é composta pelos blocos sensores/*smartphones* e *hub*. Esta camada caracteriza toda a parte de baixo nível da arquitetura. Fazem parte dela os sensores de saúde, sensores gerais, o *Set-Top Box* (STB) e suas aplicações embarcadas. A comunicação entre esses dois blocos dar-se através da rede WiFi disponibilizada na residência ou *Bluetooth*. Os dados adquiridos são persistidos no STB. Caso sejam necessários, alguns desses dados são repassados adiante para posterior

processamento.

Figura 9 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Físico



Fonte: Próprio autor.

A Figura 10 mostra a correlação entre o Plano Virtualizado do OpenIoT e as camadas de “Inteligência Local”, “Inteligência Remota” e “Gerência de Dados” da arquitetura TV Health das Coisas.

Figura 10 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano Virtualizado



Fonte: Próprio autor.

A “Camada de inteligência local” (Figura 10) não tem equivalente na arquitetura OpenIoT e pode ser relacionada tanto com o Plano Físico, quanto com o Plano Virtualizado. Ela encontra-se virtualmente no dispositivo STB mas tem características próprias dos módulos do Plano Virtualizado. Essa abordagem resulta em aplicações embarcadas que têm capacidade de inferir sobre determinadas situações. Dados provenientes dos sensores e que são úteis para a conclusão de um fato são utilizados como entrada para domínios de conhecimento na forma de ontologias. O próprio STB, portanto, pode decidir em eventuais situações, fornecendo uma resposta rápida e evitando assim, tráfego de dados desnecessário através da Internet.

Já a “Camada de inteligência remota” (Figura 10) tem como função recuperar os dados adquiridos pelos sensores e processá-los através de classificadores preditivos. Ao transmitir dados do ambiente domiciliar para o sistema na nuvem, a solução TV Health das Coisas incorpora o poder de processamento disponibilizado por essa abordagem. A camada utiliza inteligência artificial por meio de aprendizagem de máquinas. Esse serviço é oferecido a TV Health das Coisas pelo módulo NextSaúde.

A “Camada de gerência de dados” trata os dados gerenciais, aqueles referentes ao paciente e a logística de um atendimento especializado em domicílio. Além disso, realiza a integração com o ambiente hospitalar, caso seja necessário uma transferência do doente. A plataforma NextSaúde é utilizada nesta camada para prover os serviços necessários, tais como, o Registro Eletrônico de Saúde (RES), integração com áreas hospitalares, farmácias etc.

A Figura 11 mostra a correlação entre o Plano de Utilitários e Aplicações do OpenIoT e a camada de “Apresentação” da arquitetura TV Health das Coisas.

Figura 11 – Simplificação da arquitetura OpenIoT - Plano de Utilitários e Aplicações



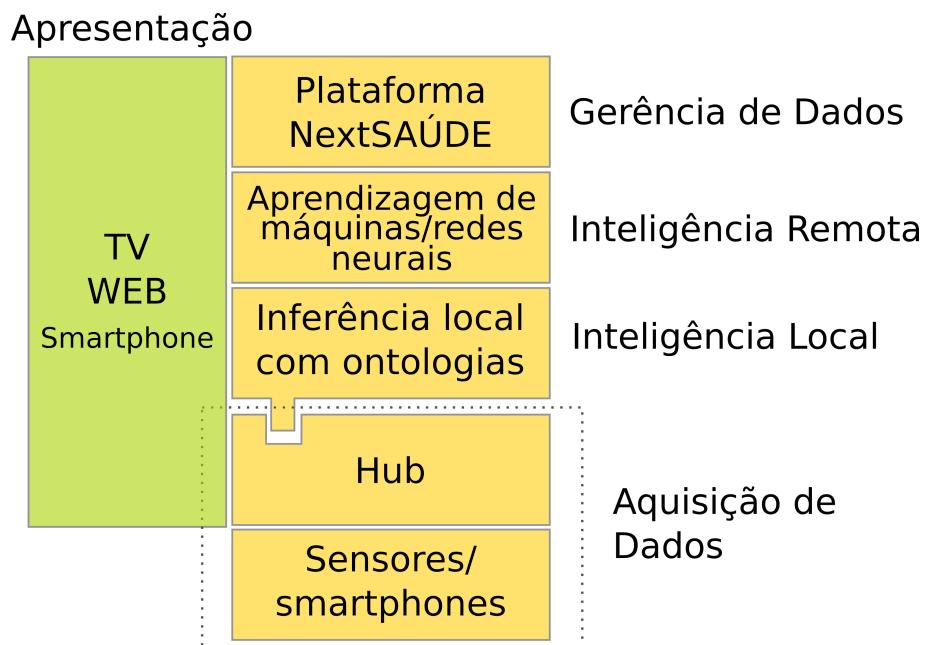
Fonte: Próprio autor.

Por fim, a “Camada de apresentação” se estende por toda a arquitetura, uma vez que a visualização de dados está presente em todas as camadas. Sendo assim, é possível que os diversos atores interajam por meio de *smartphones*, computadores e a TV na casa

do doente. Esta camada, portanto, se encarrega de apresentar os dados brutos ou as informações processadas nos dispositivos conectados à plataforma.

A Figura 12 mostra a arquitetura TV Health das Coisas proposta neste trabalho. Ela é composta por 5 camadas distintas mas que se comunicam entre si: A “Camada de aquisição de dados”, responsável por adquirir os dados brutos dos sensores; “Camada de Inteligência local”, responsável por inferir sob os dados ainda no STB; “Camada de Inteligência na nuvem”, responsável por realizar inferências que não podiam ser realizadas localmente; “Camada de Gerência de dados”, responsável por gerenciar parte dos dados coletados no ambiente domiciliar e “Camada de Apresentação”, responsável por apresentar os dados nos mais diversos dispositivos.

Figura 12 – Visão geral arquitetural TV Health das Coisas



Fonte: Próprio autor.

4.3 Visão de Engenharia

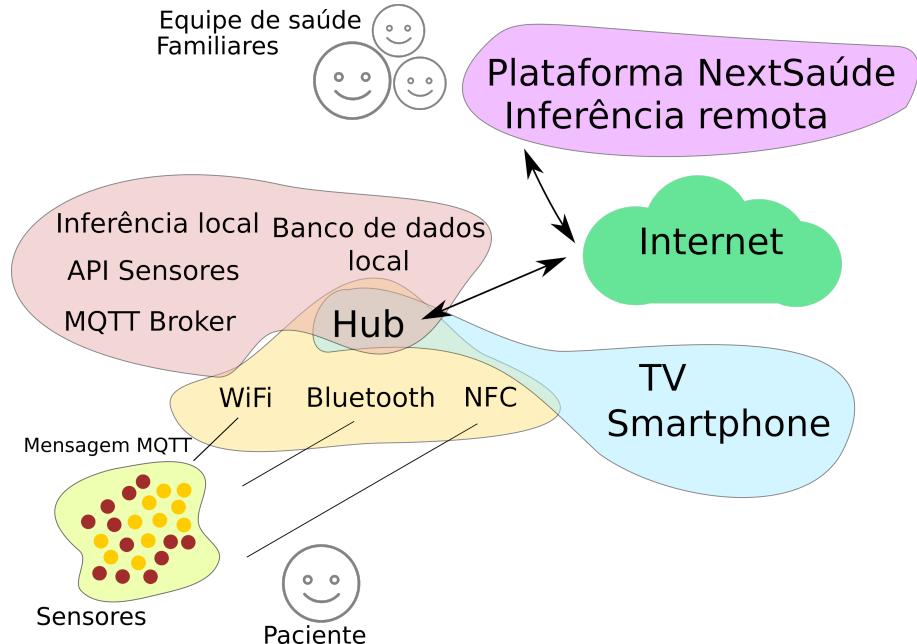
A visão de engenharia da TV Health das Coisas (Figura 13) tem como objetivo descrever as tecnologias e métodos utilizadas na concepção da arquitetura proposta (Figura 12).

Nela percebe-se que o *hub* possui um papel central uma vez que a ele são conectados sensores implantados no ambiente, e sensores de saúde. Como pode ser observado na Figura 13 ele é o elo de ligação entre os atores, os sensores e o resto do sistema.

Esta visão de engenharia é composta de três momentos distintos, mas interligados, no qual o primeiro é relativo à aquisição de dados do ambiente e do paciente, e a transmissão

destes dados ao STB. O segundo diz respeito ao processamento dos dados brutos. O terceiro momento trata do envio dos dados processados para a plataforma NextSaúde.

Figura 13 – Visão de engenharia da arquitetura TV Health das Coisas.



Fonte: Próprio autor.

4.3.1 Blocos *hub* e sensores

Os sensores gerais, relativos ao ambiente domiciliar, coletam informações como temperatura e umidade da residência, qualidade do ar e localização do paciente ou cuidador nos cômodos. A partir desses dados é possível informar ao sistema se determinado espaço está muito quente, se a qualidade do ar não está favorável à melhoria do paciente etc. Dados extraídos de celulares, como a localização, também cooperam com o contexto, a exemplo da informação proveniente do celular do cuidador. Ela informa, por exemplo, à equipe de saúde ou aos parentes se o cuidador está junto ao paciente.

Já os sensores de saúde têm como função principal coletar os sinais vitais do paciente (pressão arterial, frequência cardíaca, níveis de oxigênio no sangue etc). Em ambos os casos, sensores gerais e sensores de saúde, as informações coletadas pelos dispositivos repassam esses dados para o STB através de interfaces com tecnologia *Bluetooth* ou *WiFi*.

Na utilização de sensores com *WiFi*, por exemplo, os dados são transferidos ao STB através de um protocolo de transferência de mensagens entre máquinas, o MQTT¹. Foi instalado no STB um servidor MQTT para gerenciar os dados de entrada.

¹ O MQTT é um protocolo de transferência de mensagens de baixo custo computacional e reside em cima da camada TCP/IP. O sistema funciona a partir de um *publish/subscriber*. Utiliza-se um concentrador como um servidor MQTT.

4.3.2 Bloco inferência local

Para que o sistema de inferência local funcione de maneira adequada, é necessário, basicamente, a base de conhecimentos composta por ontologias de domínios, ontologias de aplicação e regras de inferência. Processo executado no âmbito da plataforma NextSaúde.

Além disso, os dados provenientes da camada de aquisição de dados devem ser tratados para que sirvam de entrada para o sistema de inferência. Sendo assim, o STB pode tomar decisões no ambiente domiciliar, não necessitando de acesso à Internet para inferir sobre determinada situação.

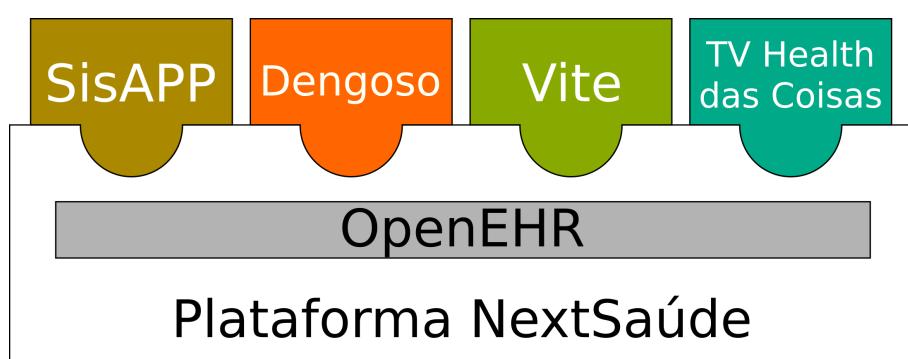
4.3.3 Bloco aprendizagem de máquinas

O bloco de aprendizagem de máquinas, que pertence a camada de inferência remota, recebe os sinais vitais do paciente via a camada de aquisição de dados. Em seguida os dados são processados para que sejam extraídos os atributos, compondo um conjunto de dados específicos. Por fim, algoritmos de aprendizagem de máquinas são processados, classificando dados sobre determinado assunto. Também, neste caso, o processo é executado no âmbito da plataforma NextSaúde, resultados de pesquisas realizadas no laboratório LAR: MOREIRA et al. utiliza aprendizagem de máquinas para auxiliar no cuidado a grávidas, BRAGA et al. faz uso de classificadores preditivos para identificar a presença de doenças transmissíveis pelo mosquito *Aedes Aegypti* a partir de um conjunto de dados.

4.3.4 Bloco plataforma NextSaúde

O bloco plataforma NextSaúde compõe a camada de gerência de dados e abriga o sistema responsável pela interligação da TV Health das Coisas com outros módulos do projeto NextSaúde (Figura 14).

Figura 14 – Interação da TV Health das Coisas com outros módulos do projeto NextSaúde.



Fonte: Adaptado de Mota (2016).

A camada de aquisição de dados se comunica com este bloco através de uma

arquitetura cliente/servidor em que trafegam mensagens encapsuladas com o padrão de interoperabilidade OpenEHR, alimentando o Registro Eletrônico de Saúde (RES) do paciente. Na plataforma NextSaúde, as informações do paciente são persistidas e podem ser cruzadas com outros sistemas que compõem esta plataforma, tais como: farmácia e internação. Dessa maneira é possível, por exemplo, indicar uma consulta na especialidade cardiológica para um paciente em situação de ADS.

Por fim, os atores locais (paciente/cuidador) recebem as notificações principalmente através da TV conectada ao STB e do *smartphone*. Os atores móveis (equipe de saúde) podem visualizar os dados e receber informações referentes ao paciente a partir da interface *web* ou a partir do *smartphone*.

5 Aspectos de implementação

Neste capítulo serão abordados aspectos de implementação. Nas duas primeiras seções são descritos o *hardware* e *software* que fazem parte da solução. Em seguida, as aplicações interativas são descritas. Por fim, é mostrado o processo de inserção de um novo sensor na arquitetura a partir de APIs disponibilizadas.

5.1 *Hardware* utilizado

O *Set-Top Box* (STB) escolhido possui especificações técnicas robustas, listadas na Tabela 2, sendo resultado de um projeto de pesquisa fomentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e executado pela empresa CRAFF Tecnologia¹.

Esse equipamento, que teve intensa participação do autor da TV Health das Coisas foi reutilizado neste trabalho.

Tabela 2 – Especificação STB.

Seção	Propriedade	Especificação
Plataforma	Sistema Operacional	GNU/Linux Debian
	Chipset	A20 Allwinner
	Processador (CPU)	1.2 GHz
	Processador Gráfico (GPU)	Mali 400
Entrada e Saída	USB 2.0 (quantidade)	4
	Infravermelho	Sim
Rede	Ethernet	Sim
	Wi-Fi	Sim
Memória	NAND	4 GB
	RAM	2 GB
	Espaço para cartão	Sim (Até 32 GB)
Vídeo	HDMI	Sim
	RCA	Sim
	RGB	Não
Alimentação	Externa	Sim (9V)
	Bateria	Não

Fonte: Próprio autor.

O STB, representado na Figura 21 na página 74, foi também montado na CRAFF Tecnologia. Nesta figura, são verificadas as entradas USB, o leitor de cartões microSD e as

¹ <<http://www.craff.com.br>>

entradas de vídeo (HDMI e RCA), além da conexão com a antena externa e a conexão com a fonte de energia na parte traseira.

5.2 Software utilizado

Por se tratar de um sistema embarcado robusto, faz-se necessária a instalação de programas capazes de gerenciar o *hardware* disponível. Para tanto, o sistema operacional escolhido foi o GNU/Linux, distribuição Linaro (derivado da distribuição Ubuntu) *kernel* 3.4, portável para a arquitetura ARM com *drivers* específicos para a plataforma desenvolvida.

Figura 15 – Camadas do sistema embarcado



Fonte: Próprio autor.

Na camada de usuário utilizou-se o *software XBMC*, um gerenciador de mídia, como plataforma de exibição gráfica. Por intermédio dele, o usuário interage com as aplicações desenvolvidas.

Na Figura 22 (Apêndice A na página 74) destaque para a tela inicial do *software XBMC* e para o menu “Sua Saúde”. Os outros menus representam funcionalidades padrão do *software XBMC*, tais como acesso a mídias (imagens, vídeos e áudios) e acesso a TV Digital aberta.

Ao clicar no menu “Sua Saúde”, é possível acessar a tela com os módulos desenvolvidos para este trabalho (Figura 23 - Apêndice A na página 74).

5.3 Aplicações interativas

O intuito das aplicações é melhorar a comunicação entre o doente e cuidador com a equipe de saúde e seus parentes. Permite também que o usuário utilize o controle remoto como um “botão de pânico”. Outro módulo da aplicação permite ao usuário escolher, dentre os sintomas apresentados, aqueles que mais caracterizam a sua situação, obtendo-se

assim, uma resposta do sistema relacionada às escolhas do usuário. As aplicações propostas foram validadas por ocasião da conclusão do projeto NextSaúde e da aprovação de artigos acadêmicos apresentados em congressos, listados na conclusão.

As aplicações foram projetadas para atender os requisitos de uma plataforma embarcada com as características da Tabela 2. Apesar das especificações do *hardware*, o desenvolvimento foi encaminhado para obter-se um *software* simples em consumo de recursos.

Essas aplicações foram implementadas utilizando, quando necessário, o paradigma de programação Orientada a Objetos. O desenvolvimento procedural foi aplicado com o intuito de realizar pequenas tarefas no sistema, tais como agendamento de execução de tarefas, atualização das aplicações, desligamento automático etc.

Além disso, também utilizou-se *webservices* através da internet, acessando-se outros sistemas e complementando as funcionalidades desejadas. As linguagens escolhidas para compor o sistema foram a *Python* e a *Shell Script*.

5.3.1 Módulo web

Foi necessária a implantação de um módulo *web* para gerenciar as informações básicas do usuário. Neste sistema, será possível cadastrar um paciente, seus alertas e contatos de emergência. O módulo *web* foi desenvolvido na linguagem *Python* e funciona no STB. Ele pode ser acessado através de um navegador conectado a rede WiFi local. A Tabela 3 apresenta a API disponível no sistema. A Figura 28 na página 78 representa o diagrama de entidades e relação da aplicação.

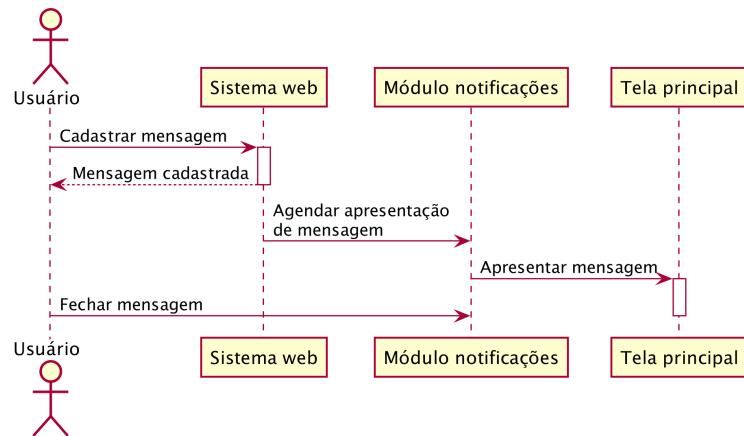
5.3.2 Módulo *service.notification*

Este módulo é responsável por apresentar na TV as notificações e alertas recebidos no STB. Existem dois tipos de exibição de mensagens, a primeira delas, denominada “caixa de diálogo” (Figura 24 na página 75 - Apêndice A), aparece no meio da tela, ocupando boa parte desta. Esse tipo de notificação é utilizada quando é necessário tirar a atenção do usuário da programação televisiva e passar a atenção para o texto exibido. Ela poderá ser empregada por mensagens importantes e de cunho emergencial. O diagrama de atividades representado na Figura 16 foi utilizado como base para o desenvolvimento desta aplicação.

Tabela 3 – Lista de métodos disponíveis por API.

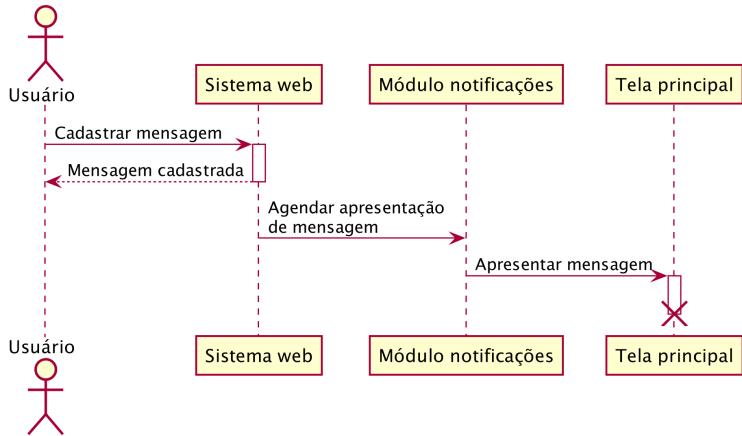
Método	Caminho	Descrição
GET	/api/usuarios/	Lista usuários cadastrados
POST	/api/usuarios/	Cadastra usuários cadastrados na base de dados
PUT	/api/usuarios/<id>	Atualiza usuário cadastrado a partir de um <i>id</i>
DELETE	/api/usuarios/<id>	Deleta usuário cadastrado (<i>id</i> como parâmetro)
GET	/api/alertas/	Lista alertas cadastrados
POST	/api/alertas/	Cadastra alerta na base de dados
PUT	/api/alertas/<id>	Atualiza alerta cadastrado a partir de um <i>id</i>
DELETE	/api/alertas/<id>	Deleta alerta cadastrado (<i>id</i> como parâmetro)
GET	/api/contatos/	Lista contatos cadastrados
POST	/api/contatos/	Cadastra contato na base de dados
PUT	/api/contatos/<id>	Atualiza informação de contato a partir de um <i>id</i>
DELETE	/api/contatos/<id>	Deleta contato cadastrado (<i>id</i> como parâmetro)

Fonte: Próprio autor.

Figura 16 – Diagrama de Sequência para módulo *service.notification*. Alerta do tipo caixa de diálogo.

Fonte: Próprio autor.

Figura 17 – Diagrama de Sequência para módulo *service.notification*. Alerta do tipo *pop-up*.



Fonte: Próprio autor.

O segundo tipo de notificação é denominado de *pop-up*. Com esse modelo, a mensagem é exibida no canto superior direito da tela, fazendo com que a atenção do usuário não seja totalmente requerida. Mensagens de cunho informativo podem utilizar esse tipo de notificação. A Figura 25 (Apêndice A) mostra esta outra possibilidade em ação. O diagrama de sequência ilustrado na Figura 17 difere da anterior, pois nesta, não é demandado nenhuma ação do usuário, uma vez que a mensagem desaparece após alguns segundos de exibição.

O módulo *service.notification* foi desenvolvido utilizando a linguagem *Python* e sua lógica faz com que constantemente execute um *pooling* à aplicação buscando por mensagens destinadas a esta instância de *software*. Caso a pergunta tenha uma resposta negativa, o programa espera um tempo e refaz a requisição. Caso a resposta seja positiva, ou seja, exista alguma mensagem para aquele usuário, o programa faz o *download* e agenda sua exibição.

A resposta da requisição carrega informações pertinentes. Um exemplo no formato JSON, pode ser observado a seguir:

O *software* no STB verifica o conteúdo JSON, atentando-se para os campos **startDate** e **expirationDate** que representam quando iniciar a exibição da mensagem e quando não exibir mais a mensagem respectivamente, o tipo de notificação, se será do tipo *pop-up* ou caixa de diálogo, a criticidade da mensagem, indicando se a mensagem deve ser exibida interrompendo a programação ou não e o conteúdo da mensagem.

Após a correta leitura do conteúdo JSON, a mensagem é preparada para ser exibida. O código 2 faz uso da API do aplicativo *XBMC* para apresentar a mensagem no formato *pop-up* representado pela Figura 25 na página 76.

```
{
    "id": "70e34cbb2b",
    "startDateTime": "2016-12-26T11:40:30.000000Z",
    "expirationDateTime": "2016-12-31T11:40:30.000000Z",
    "content": {
        "header": "Title",
        "message": "Body"
    },
    "type": "1",
    "critical": "True"
}
```

Código 1 – Conteúdo da requisição de uma mensagem

```
def showNotificationPopup(self, id, header, message):
    try:
        header = header.encode('utf-8')
        message = message.encode('utf-8')
        if XBMC_ENABLE == True:
            message_content = 'Notification("{0}", "{1}")'.format(header, message)
            xbmc.executebuiltin(message_content)
    except Exception, e:
        logging.error("Erro -> notificacao POPUP ID: %s : %s" % (id, e))
```

Código 2 – Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo *pop-up*

O método representado no código 3 faz uso de um outro método da API, obtendo o resultado visto na Figura 24 na página 75.

```
def showNotificationOk(self, id, header, message):
    try:
        header = header.encode('utf-8')
        message = message.encode('utf-8')
        if XBMC_ENABLE == True:
            xbmcgui.Dialog().ok(header, message)
    except Exception, e:
        logging.error("Erro -> notificacao OK ID: %s : %s" % (id, e))
```

Código 3 – Definição do método utilizado para apresentar as notificações no modo ok

A mensagem será exibida na tela de acordo com o tipo de notificação escolhida.

5.3.3 Módulo *service.dado*

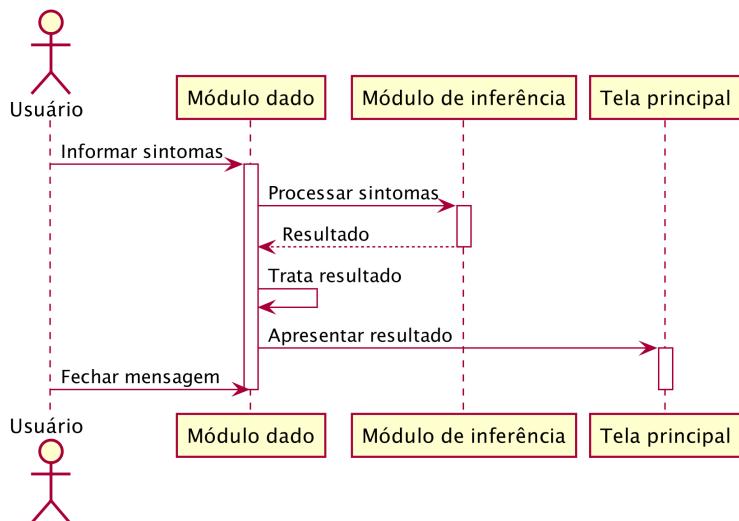
O funcionamento deste módulo é baseado no acionamento da aplicação através do controle remoto do *Set-Top Box* (STB) e da interação através de suas telas na TV

do usuário. O módulo apresenta uma tela inicial como a apresentada na Figura 26 na página 76.

O módulo *service.dado* foi desenvolvido utilizando a linguagem *Python*. O usuário pode iniciar a aplicação através do menu “Sua Saúde” (Figura 22 na página 74) e em seguida escolher a opção “Não está se sentindo bem?” (Figura 23 na página 75) no *Set-Top Box* (STB) através do controle remoto. A tela inicial do módulo é apresentada na Figura 26 na página 76.

O diagrama de sequência apresentado na Figura 18 norteou o desenvolvimento deste módulo. Percebe-se que o usuário deve, inicialmente, informar os sintomas e também fechar a mensagem com o resultado.

Figura 18 – Diagrama de Sequência para módulo *service.dado*.



Fonte: Próprio autor.

A partir da tela principal da aplicação, o usuário que esteja se sentindo mal escolherá, dentre um conjunto de sintomas, aqueles que representam o seu estado atual. Em seguida, esses sintomas são enviados através de uma API para um módulo de inferência na nuvem. A conclusão é retornada para o STB, que a processa e apresenta para o usuário.

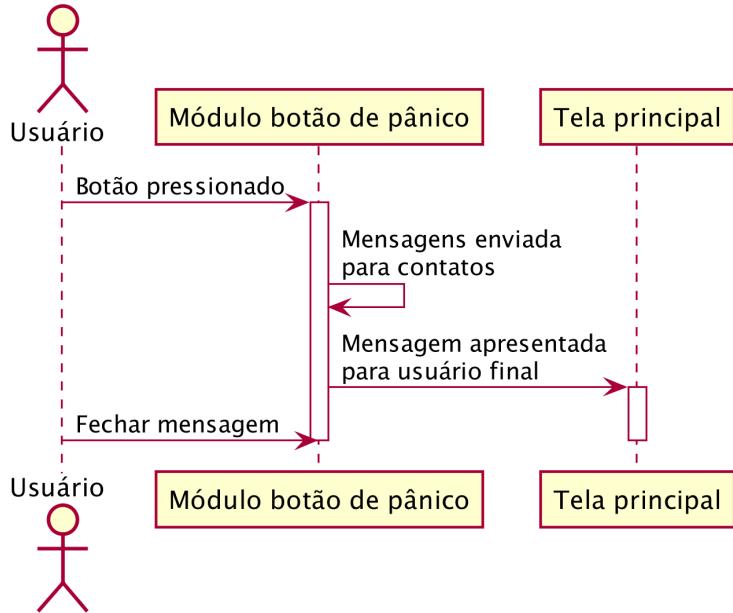
O código 4 demonstra a captura dos sintomas através do controle remoto do usuário, a requisição à um serviço externo e a apresentação do resultado através de um alerta. Cada elemento da tela tem um *ID*, assim, é possível identificar qual elemento foi escolhido pelo usuário através do controle remoto. Os sintomas estão dispostos em um dicionário da linguagem *Python* em que cada chave é um *ID* e o valor, o nome do sintoma (variável *SINTOMS*). Quando o usuário escolhe um sintoma, ele é adicionado à variável *selectedSintoms*, em seguida essa variável é repassada como parâmetro para a requisição. A resposta da requisição é apresentada através de um alerta do tipo caixa de diálogo.

```
def onClick(self, controlID):
    if not (controlID in [7011, 7012]):
        if not (SINTOMS[controlID] in self.selectedSintoms):
            self.selectedSintoms.append(SINTOMS[controlID])
    # ...
    if controlID == 7016:
        if len(self.selectedSintoms) != 0:
            self.server.requestSession()
            self.server.requestPatient(self.selectedSintoms)
            self.diseases = self.server.parseRequestPatient()
            header = 'Conclusão'
            message = 'Possíveis doenças são: {0}. Procure seu médico.'
            .format(', '.join(self.diseases))
            xbmcgui.Dialog().ok(header, message)
    # ...
```

Código 4 – Definição de método utilizado para capturar dados do controle remoto e apresentar através de um alerta.

5.3.4 Módulo *service.panicbutton*

O módulo *service.panicbutton* tem como objetivo permitir que o usuário utilize o controle remoto para reportar um momento em que precise de ajuda emergencial. Ao acionar a tecla reservada para tal função, o sistema percebe e prepara um conjunto de tarefas a serem executadas. Dentre elas, o envio de mensagens via (1) Serviço de Mensagem Simples (SMS) e (2) serviços de comunicação pela internet (como por exemplo o aplicativo *Telegram*) para parentes, amigos, cuidador e a equipe de saúde que o acompanha, além de entrar em contato com o serviço de urgência e emergência. O diagrama UML de sequência é apresentado na Figura 19.

Figura 19 – Diagrama de Sequência para módulo *service.panicbutton*.

Fonte: Próprio autor.

Em seguida, o aplicativo exibe uma notificação na tela da TV no intuito de acalmá-lo. A Figura 27 exibe a mensagem tranquilizando o usuário.

O módulo foi desenvolvido utilizando a linguagem *Python* e acessando serviços externos para o envio das mensagens. O código 5 exibe o método que é executado quando o usuário pressiona o botão de pânico no controle remoto. Os contatos cadastrados são requisitados no módulo *web*. Em seguida, as mensagens são enviadas. Por fim, um aviso é apresentado para o usuário na tela da TV.

```

def onClick(self, controlId):
    # ...
    if controlId == 7020:
        contacts = self.server.getContacts()
        self.server.sendSMS(contacts)
        header = 'Conclusão'
        msg = "Você ativou o botão de pânico."
        msg = msg + "Os contatos cadastrados estão sendo notificados."
        msg = msg + "Aguarde e mantenha a calma"
        xbmcgui.Dialog().ok(header, msg)
    # ...

```

Código 5 – Definição de método utilizado para capturar situação de emergência enviada pelo usuário.

5.4 Conectando novos sensores

APIs (*Application Programming Interface*) são destinadas para desenvolvedores agregarem aplicações a sistemas. As APIs disponibilizadas na TV Health das Coisas permitem o desenvolvimento de aplicações ao sistema proposto, tais como a conexão de novos sensores. A partir desta abordagem, qualquer um pode contribuir com mais dados para o ambiente de ADS. Espera-se que o dispositivo, seja ele um *hardware* ou um *script*, consiga realizar requisições HTTP e enviar mensagens MQTT com conteúdo JSON.

A *API Restful* projetada no contexto da solução proposta permite que determinado dispositivo seja adicionado ao sistema, utilizando a API de Gerenciamento (Tabela 4). Assim, o novo dispositivo passa a fazer parte do grupo de sensores existentes. Já a API de dados permite que o novo sensor contribua com dados para o sistema.

Tabela 4 – Métodos disponíveis na API de gerenciamento.

Método	Caminho	Descrição
POST	/api/device/	Cadastra dispositivo
DELETE	/api/device/<id>	Deleta dispositivo com <i>id</i>

Fonte: Próprio autor.

Em primeiro momento, o dispositivo precisará realizar requisições HTTP do tipo POST e DELETE. Uma vez conectado a rede local o dispositivo envia sua identificação e o *hub* trata essa informação, adicionando o dispositivo sensor ao sistema. A mensagem contém informações como: ID, localização (cômodo da casa ou corporal), tempo de leitura e unidade de sensoriamento (temperatura, ruído, nível de oxigênio no sangue etc). Uma vez conectado ao sistema e o dispositivo tenha sido identificado, o novo sensor poderá enviar os dados coletados por meio de mensagens MQTT.

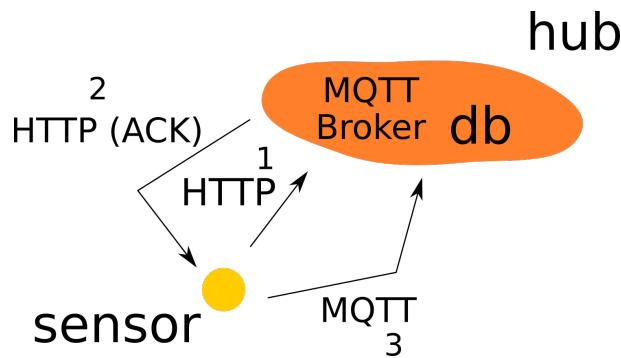
A API de gerenciamento conta inicialmente com dois métodos listados na Tabela 4. A mensagem JSON que deve ser enviada ao fazer uma requisição POST no caminho `api/v1/device/` é apresentada no código 6.

No passo 1 da Figura 20, o sensor faz uma requisição HTTP identificando-se. Em seguida, o *hub* cadastra o sensor no banco de dados local e responde com um *ack* (passo 2). O sensor pode agora enviar dados através do protocolo MQTT. O MQTT *Broker* no *hub* recebe o dado e em seguida persiste em banco de dados ou repassa o dado para outro sistema na arquitetura, como por exemplo, a plataforma NextSaúde.

```
{
  "id": "01",
  "name": "Temperature",
  "endpoint": {
    "location": "room 1",
    "unit": "C"
  },
  "pulltime": 10
}
```

Código 6 – Mensagem JSON enviada no corpo da requisição HTTP.

Figura 20 – Processo de cadastro de novo sensor.



Fonte: Próprio autor.

A API de dados é representada por tópicos do MQTT Broker, que tem como padrão o caminho `health/<location>/<sensorID>/<value>/`, em que os termos `location` e `sensorID` foram cadastrados através da API de gerenciamento e o termo `value` representa o valor da leitura do sensor.

6 Conclusões e trabalhos futuros

Historicamente, a TV Health das Coisas nasceu do METAL (Mecanismo de Comunicação entre Concessionárias e Clientes baseada na TV Digital), um projeto de pesquisa e desenvolvimento no setor elétrico fomentado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em parceria com a ENEL (antiga Companhia Energética do Ceará - COELCE), tendo como base o Sistema Brasileiro da TV Digital (SBTVD).

Em seguida, a ideia do projeto METAL evoluiu para o TV Health, um projeto que conservava a mesma estrutura de *hardware* do METAL, baseada na TV Digital, mas tinha como foco a área de ADS. A principal motivação era, além da presença quase universal da TV nas residências do país, a política federal vigente que prometia dotar os STBs de aplicações interativas com interesses visivelmente sociais, em especial nas áreas de educação e saúde. Na verdade, esta foi a razão do Brasil ter decidido desenvolver um modelo próprio de TV Digital em 2003.

O TV Health foi desenvolvido no contexto do NextSaúde, um projeto financiado pela Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico no Ceará (FUNCAP). Até 2015, esperava-se que este módulo do NextSaúde atendesse a demanda do Governo Federal que acabou sendo adiada e continua até hoje indefinida: a expectativa do uso de aplicações interativas em toda a rede de beneficiários do Bolsa Família. Nesse sentido, várias reuniões foram feitas pelo autor deste trabalho e seu orientador na PUC Rio, mais precisamente no laboratório Telemídia, autor do *middleware* Ginga, um resultado do SBTVD que tornou-se o padrão ITU-T H.761.

Diante deste impasse, relativo ao destino do SBTVD, deu-se início ao TV Health das Coisas, novo projeto que, se de um lado mantinha a TV Digital e o seu associado STB, por outro lado o foco da pesquisa passa a ser o ambiente de ADS. Assim, toda a experiência acumulada pelo autor deste trabalho nos projetos METAL e NextSaúde foi canalizada na concepção da TV Health das Coisas que, como o próprio título caracteriza, faz uso da tecnologia *Internet of Things* (IoT).

Foi, portanto, este o processo percorrido pelo TV Health das Coisas, uma plataforma que disponibiliza uma arquitetura para o ambiente de ADS e implementa um protótipo como prova de conceito da proposta. Para tanto, buscou-se referência no OpenIoT, uma plataforma da comunidade Europeia. Uma das razões dessa escolha deve-se a uma série características conceituais do OpenIoT que vão ao encontro do Lariisa, um projeto do qual se originou o NextSaúde e, por consequência, a TV Health das Coisas. Por exemplo, tanto o OpenIoT quanto o Lariisa fazem uso de ontologias e são fortemente orientados a contexto (*context-aware concept*).

Além da correlação arquitetural da TV Health das Coisas e o OpenIoT, a proposta desse trabalho apresenta-se como uma plataforma mais leve. A disponibilidade de APIs facilita o desenvolvimento de novas aplicações, e sua integração a plataforma NextSaúde agrupa novas funcionalidades específicas da área de saúde. Na TV Health das Coisas é viável o acesso a uma série de serviços de saúde, tais como o Registro Eletrônico de Saúde (RES), regulação (marcação de consultas, leitos etc.), farmácia (acesso a remédios), entre outros.

Finalmente, caso haja uma decisão do Governo Federal em retomar a política em relação ao programa Bolsa Família, a TV Health das Coisas poderá trazer benefícios a milhões de brasileiros, em especial das classes menos favorecidas, como preconizado no decreto 4901 que instituiu o SBTVD. Neste ínterim, a TV Health das Coisas continua como uma plataforma de pesquisa e desenvolvimento tendo sido aprovado pelo polo de Inovação Embrapii/IFCE e está sendo cogitada sua implantação em um plano de saúde com abrangência nacional.

6.1 Produção científica

Durante este projeto de mestrado, os seguintes trabalhos científicos foram aceitos e publicados, a saber:

- **LOPES, V. C. M.; QUEIROZ, E.; FREITAS, N.; OLIVEIRA, M.; MONTEIRO, O.** TV-Health: A Context-Aware health Care Application for Brazilian Digital TV. In ACM. *Proceedings of the 22nd Brazilian Symposium on Multimedia and the Web (Webmedia)*. Teresina, Brasil. 2016, pp. 103-106.
- **LOPES, V. C. M.; ROCHA, E.; QUEIROZ, E.; FREITAS, N.; VIANA, D.; OLIVEIRA, M.** VITESSE - more intelligence with emerging technologies for health systems. In: IEEE. *2016 7th International Conference on the Network of the Future (NOF)*. Buzios, Brasil. 2016, pp. 1-3.

Além do seguinte artigo aceito para publicação:

- **LOPES, V. C. M.; MOTA, H.; OLIVEIRA, M.; CARVALHO, G.** Towards an Emergency/Urgency approach based on the Brazilian Digital TV. *Multi Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS)*. Ilha da Madeira, Portugal, 2016.

6.2 Trabalhos futuros

A TV Health das Coisas pode também ser visto como uma perspectiva computacional do trabalho realizado por SANTOS, que apresentou a visão de saúde dos cenários de

ADS.

Como trabalhos futuros, cogita-se a total integração dos serviços do NextSaúde ao protótipo desenvolvido, aprimoramento de APIs e a inclusão de novos métodos de aquisição de dados.

Acredita-se que a arquitetura proposta na TV Health das Coisas fornece uma base sólida e moderna para futuramente ajudar na concepção de um modelo de referência que facilite o desenvolvimento de aplicações para ambientes específicos de ADS.

Referências

- AMARAL, N. d. et al. Assistência domiciliar à saúde (home health care): sua história e sua relevância para o sistema de saúde atual. *Rev Neurociencias*, v. 9, n. 3, p. 111–17, 2001. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 26.
- ANDRADE, L. O. M. *SUS passo a passo: normas, gestão e financiamento*. [S.l.]: Hucitec; Uva, 2001. v. 139. Citado na página 24.
- ARAUJO, R. B. de. Computação ubíqua: Princípios, tecnologias e desafios. In: *XXI Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores*. [S.l.: s.n.], 2003. v. 8, p. 11–13. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 34.
- ASHTON, K. That ‘internet of things’ thing. *RFID Journal*, v. 22, n. 7, p. 97–114, 2009. Citado na página 29.
- BAJO, J. et al. The thomas architecture in home care scenarios: A case study. *Expert Systems with Applications*, v. 37, n. 5, p. 3986–3999, 2010. Elsevier. Citado na página 39.
- BOLSONI, E. P.; CARDOSO, C.; SOUZA, C. H. M. d. Computação ubíqua, cloud computing e plc para continuidade comunicacional diante de desastres. *V Seminário Internacional de Defesa Civil-DEFENCIL*, 2009. Citado na página 30.
- BONILLA, M. H. S.; PRETTO, N. D. L. *Inclusão digital: polêmica contemporânea*. [S.l.]: EDUFBA, 2011. Citado na página 29.
- BOURDETTE, D. N. et al. Health care costs of veterans with multiple sclerosis: implications for the rehabilitation of ms. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, v. 74, n. 1, p. 26–31, 1993. Citado na página 15.
- BRAGA, O. C. et al. A mobile health solution for diseases control transmitted by aedes aegypti mosquito using predictive classifiers. 2016. Citado na página 52.
- BRASIL, R. do. *Sistema Brasileiro de Televisão Digital - SBTVD*. 2003. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2003/D4901.htm>. Citado na página 16.
- CAPOZZI, D.; LANZOLA, G. An agent-based architecture for home care monitoring and education of chronic patients. In: IEEE. *Complexity in Engineering, 2010. COMPENG'10*. [S.l.], 2010. p. 138–140. Citado na página 39.
- CARVALHO, A. J. L. de. *PRONAN, o alimento da dominação: controle político e persistência da miséria em Fortaleza*. 1984. Citado na página 24.
- CERP-IOT. Internet of things strategic research roadmap. 2009. Citado na página 32.
- CHAN, V.; RAY, P.; PARAMESWARAN, N. Mobile e-health monitoring: an agent-based approach. *IET communications*, v. 2, n. 2, p. 223–230, 2008. IET. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

- CHEN, T. M. 30th anniversary of the pc and the post-pc era [editor's note]. *IEEE Network*, v. 25, n. 5, p. 2–3, September 2011. ISSN 0890-8044. Citado na página 29.
- COSTA, Â. et al. Sensor-driven agenda for intelligent home care of the elderly. *Expert Systems with Applications*, v. 39, n. 15, p. 12192–12204, 2012. Elsevier. Citado na página 40.
- DAVIES, N. et al. 'caches in the air': disseminating tourist information in the guide system. In: IEEE. *Mobile Computing Systems and Applications, 1999. Proceedings. WMCSA'99. Second IEEE Workshop on*. [S.l.], 1999. p. 11–19. Citado na página 23.
- DAY, C. B. *Benefícios da atenção domiciliar ao idoso portador de dano crônico: revisão sistemática da literatura*. Monografia — Escola de Enfermagem, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio grande do Sul, 2010. Citado na página 15.
- DEY, A. K. Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, v. 5, n. 1, p. 4–7, 2001. Springer-Verlag. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.
- GARDINI, L. M. et al. Evolving an intelligent framework for decision-making process in e-health systems. In: *11th International Workshop on Operations Research*. [S.l.: s.n.], 2015. Citado na página 21.
- GIACOMOZZI, C. M.; LACERDA, M. R. A prática da assistência domiciliar dos profissionais da estratégia de saúde da família. *Texto contexto enferm*, v. 15, n. 4, p. 645–53, 2006. SciELO Brasil. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.
- GIL, D. et al. Internet of things: A review of surveys based on context aware intelligent services. *Sensors*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, v. 16, n. 7, p. 1069, 2016. Citado na página 35.
- 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 15.
- GUILLEMIN, P.; FRIESS, P. et al. Internet of things strategic research roadmap. *The Cluster of European Research Projects, Tech. Rep*, 2009. Citado na página 32.
- HANSMANN, U. et al. *Pervasive computing handbook*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2013. Citado na página 30.
- HERMANN, A. P.; LACERDA, M. R. Atendimento domiciliar à saúde: um relato de experiência. *Cogitare Enfermagem*, v. 12, n. 4, 2007. Citado na página 15.
- HOUAISS, A. *Dicionário eletrônico Houaiss da língua portuguesa*. [S.l.]: Ed. Objetiva, 2001. Citado na página 23.
- IBGE, I. B. d. G. e. E. *Acesso à Internet e à Televisão e posse de Telefone Móvel Celular para uso pessoal*. [S.l.]: IBGE, 2015. v. 1. ISBN 978-85-240-4345-1. Citado na página 16.
- ISERN, D. et al. Agent-based execution of personalised home care treatments. *Applied Intelligence*, v. 34, n. 2, p. 155–180, 2011. Springer. Citado na página 38.
- KOCH, S. Home telehealth—current state and future trends. *International journal of medical informatics*, v. 75, n. 8, p. 565–576, 2006. Elsevier. Citado na página 38.

- LEWIS, F. L. et al. Wireless sensor networks. *Smart environments: technologies, protocols, and applications*, p. 11–46, 2004. New York: Wiley. Citado na página 32.
- LI, S.; XU, L. D.; ZHAO, S. The internet of things: a survey. *Information Systems Frontiers*, v. 17, n. 2, p. 243–259, 2015. Springer. Citado 3 vezes nas páginas 16, 31 e 32.
- LYYTINEN, K.; YOO, Y. Ubiquitous computing. *Communications of the ACM*, v. 45, n. 12, p. 63–96, 2002. Citado na página 29.
- MARWEDEL, P. *Embedded system design: Embedded systems foundations of cyber-physical systems*. [S.l.]: Springer Science & Business Media, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- MELLO, I. M. *Humanização da Assistência Hospitalar no Brasil: conhecimentos básicos para estudantes e profissionais*. 1. ed. São Paulo: Rede Humaniza - FMUSPHC, 2008. Disponível em: <http://hc.fm.usp.br/humaniza/pdf/livro/livro_dra_inaia_Humanizacao_nos_Hospitais_do_Brasil.pdf>. Citado na página 24.
- MOREIRA, M. W. et al. Smart mobile system for pregnancy care using body sensors. In: IEEE. *Selected Topics in Mobile & Wireless Networking (MoWNeT), 2016 International Conference on*. [S.l.], 2016. p. 1–4. Citado na página 16.
- MOREIRA, M. W. L. et al. An inference mechanism using bayes-based classifiers in pregnancy care. In: *2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services (Healthcom)*. [S.l.: s.n.], 2016. p. 1–5. Citado na página 52.
- MOTA, H. N. da G. *Plataforma NextSAÚDE - Uma solução de interoperabilidade para a gestão pública de saúde baseada no padrão OpenEHR*. 2016. Citado 3 vezes nas páginas 17, 47 e 52.
- NIIRANEN, S. et al. Personal health care services through digital television. *Computer methods and programs in biomedicine*, v. 68, n. 3, p. 249–259, 2002. Elsevier. Citado na página 41.
- NORONHA, J. C. d.; LIMA, L. D. d.; MACHADO, C. V. Sistema único de saúde-sus. In: *Políticas e sistemas de saúde no Brasil*. [S.l.: s.n.], 2008. p. 435–472. Citado na página 25.
- OLIVEIRA, M. et al. Implementing home care application in brazilian digital tv. In: IEEE. *Information Infrastructure Symposium, 2009. GIIS'09. Global*. [S.l.], 2009. p. 1–7. Citado na página 21.
- OLIVEIRA, M. et al. A context-aware framework for health care governance decision-making systems: A model based on the brazilian digital tv. In: IEEE. *World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), 2010 IEEE International Symposium on a*. [S.l.], 2010. p. 1–6. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 22.
- PALUMBO, F. et al. Sensor network infrastructure for a home care monitoring system. *Sensors*, v. 14, n. 3, p. 3833–3860, 2014. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Citado na página 40.
- PARÉ, G.; JAANA, M.; SICOTTE, C. Systematic review of home telemonitoring for chronic diseases: the evidence base. *Journal of the American Medical Informatics Association*, v. 14, n. 3, p. 269–277, 2007. The Oxford University Press. Citado na página 38.

- PASCOE, J. Adding generic contextual capabilities to wearable computers. In: IEEE. *Wearable Computers, 1998. Digest of Papers. Second International Symposium on.* [S.l.], 1998. p. 92–99. Citado na página 23.
- PERERA, C. et al. Context aware computing for the internet of things: A survey. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, v. 16, n. 1, p. 414–454, 2014. IEEE. Citado na página 33.
- PRESS, L. Personal computing: the post-pc era. *Communications of the ACM*, v. 42, n. 10, p. 21–24, 1999. ACM. Citado na página 29.
- PRETZ, K. The next evolution of the internet. *IEEE Magazine The institute*, v. 50, n. 5, 2013. Citado na página 32.
- SANTOS, M. P. A. dos. *Cenários de internação domiciliar para apoio ao desenvolvimento de aplicações de tecnologia de informação e comunicação na tomada de decisão em governança de sistemas públicos de saúde*. 2014. Citado 3 vezes nas páginas 15, 18 e 66.
- SCHILIT, B.; ADAMS, N.; WANT, R. Context-aware computing applications. In: IEEE. *Mobile Computing Systems and Applications, 1994. WMCSA 1994. First Workshop on.* [S.l.], 1994. p. 85–90. Citado na página 23.
- SILVEIRA, R. E. da et al. Gastos relacionados a hospitalizações de idosos no brasil: perspectivas de uma década. *Einstein (16794508)*, v. 11, n. 4, 2013. Citado na página 15.
- SILVEIRA, V.; ALCÂNTARA, R. *Especificação técnica e construtiva do hardware do METAL e resultados de testes de laboratório com o protótipo*. [S.l.], 2014. Citado na página 44.
- SOLDATOS, J. et al. Openiot: Open source internet-of-things in the cloud. In: *Interoperability and open-source solutions for the internet of things*. [S.l.]: Springer, 2015. p. 13–25. Citado na página 36.
- SPINSANTE, S.; GAMBI, E. Remote health monitoring by osgi technology and digital tv integration. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, v. 58, n. 4, 2012. IEEE. Citado na página 41.
- TAVOLARI, C. E. L.; FERNANDES, F.; MEDINA, P. O desenvolvimento do home health care no brasil. *Revista de Administração em Saúde*, v. 3, n. 9, p. 15–18, 2000. Citado 3 vezes nas páginas 25, 26 e 27.
- TRIANTAFYLLOIDIS, A. K. et al. A pervasive health system integrating patient monitoring, status logging, and social sharing. *IEEE journal of biomedical and health informatics*, v. 17, n. 1, p. 30–37, 2013. Citado na página 16.
- UCKELMANN, D.; HARRISON, M.; MICHAELLES, F. An architectural approach towards the future internet of things. In: *Architecting the internet of things*. [S.l.]: Springer, 2011. p. 1–24. Citado na página 32.
- WANG, X.; WANG, X. Y.; HOU, R. C. A food management system based on iot for smart refrigerator. In: *Mechanical Engineering, Industrial Electronics and Information Technology Applications in Industry*. [S.l.]: Trans Tech Publications, 2013. (Applied Mechanics and Materials, v. 427), p. 2936–2939. Citado na página 34.

- WANT, R. An introduction to rfid technology. *IEEE pervasive computing*, v. 5, n. 1, p. 25–33, 2006. IEEE. Citado na página 31.
- WEISER, M. The computer for the 21st century. *Scientific american*, v. 265, n. 3, p. 94–104, 1991. Nature Publishing Group. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 30.
- WOLF, M. *Computers as components: principles of embedded computing system design*. [S.l.]: Elsevier, 2012. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.
- XU, B. et al. Ubiquitous data accessing method in iot-based information system for emergency medical services. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, v. 10, n. 2, p. 1578–1586, 2014. IEEE. Citado 2 vezes nas páginas 33 e 34.
- YANG, F. *Trash can with sensor*. [S.l.]: Google Patents, 2005. US Patent App. 11/074,140. Citado na página 34.

Apêndices

APÊNDICE A – TV-Health

A.1 Hardware utilizado

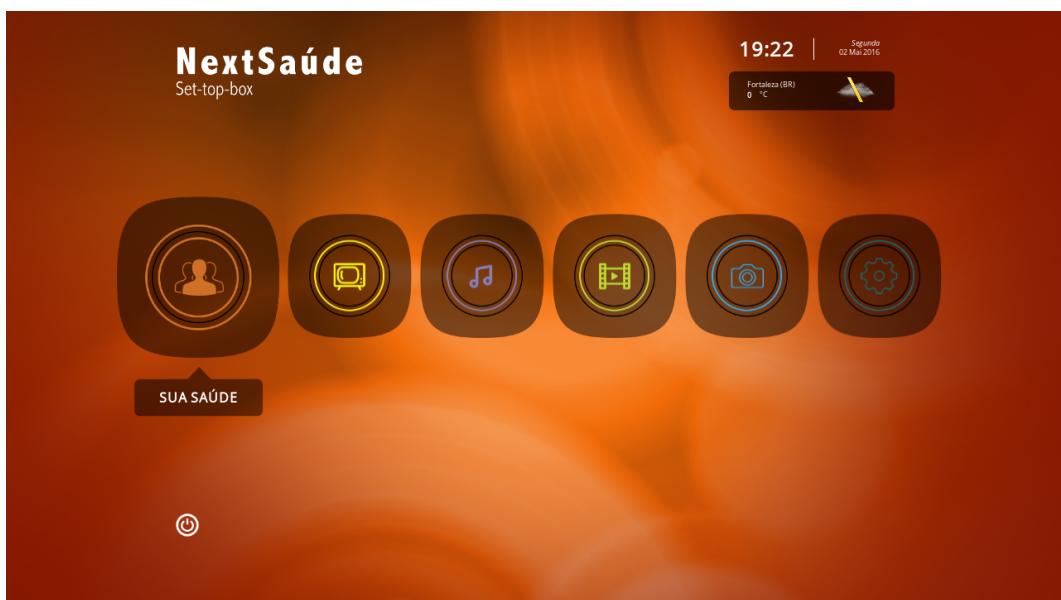
Figura 21 – Hardware utilizado na solução proposta - montado pela empresa CRAFF.



Fonte: Próprio autor.

A.2 Software utilizado

Figura 22 – Tela principal do STB. Destaque para o menu “Sua Saúde”.



Fonte: Próprio autor.

Figura 23 – Tela principal do menu “Sua Saúde”.



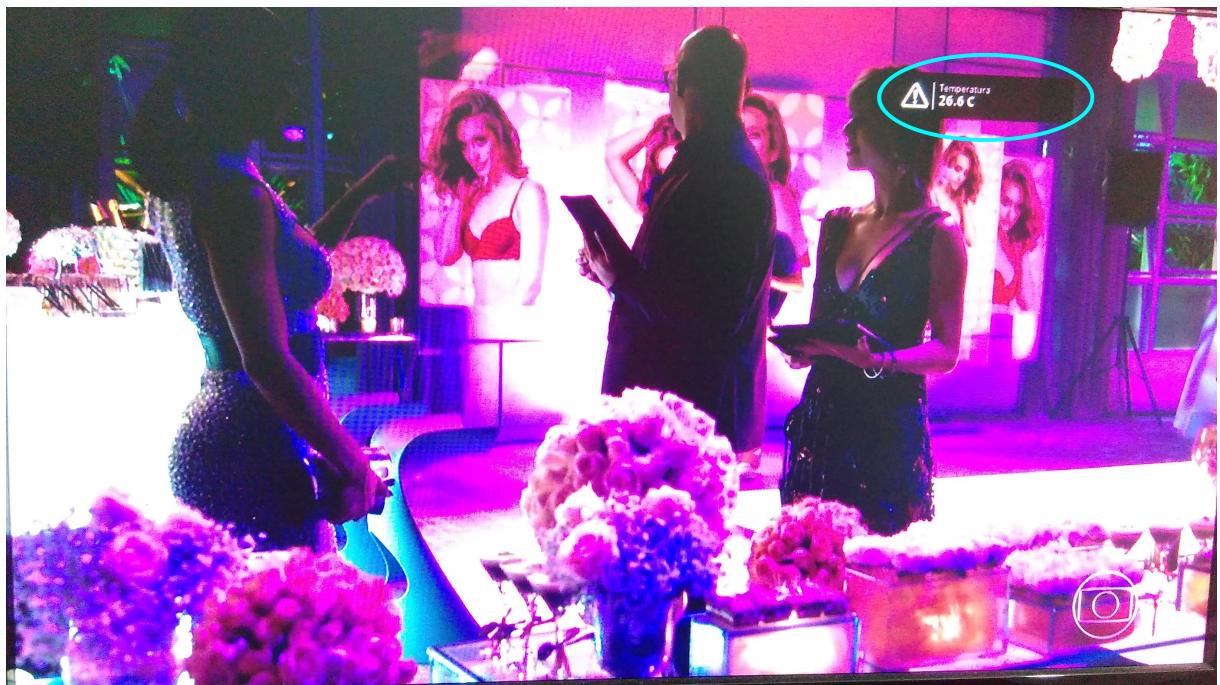
Fonte: Próprio autor.

Figura 24 – Notificação do tipo caixa de diálogo.



Fonte: Próprio autor.

Figura 25 – Notificação do tipo *pop-up*.



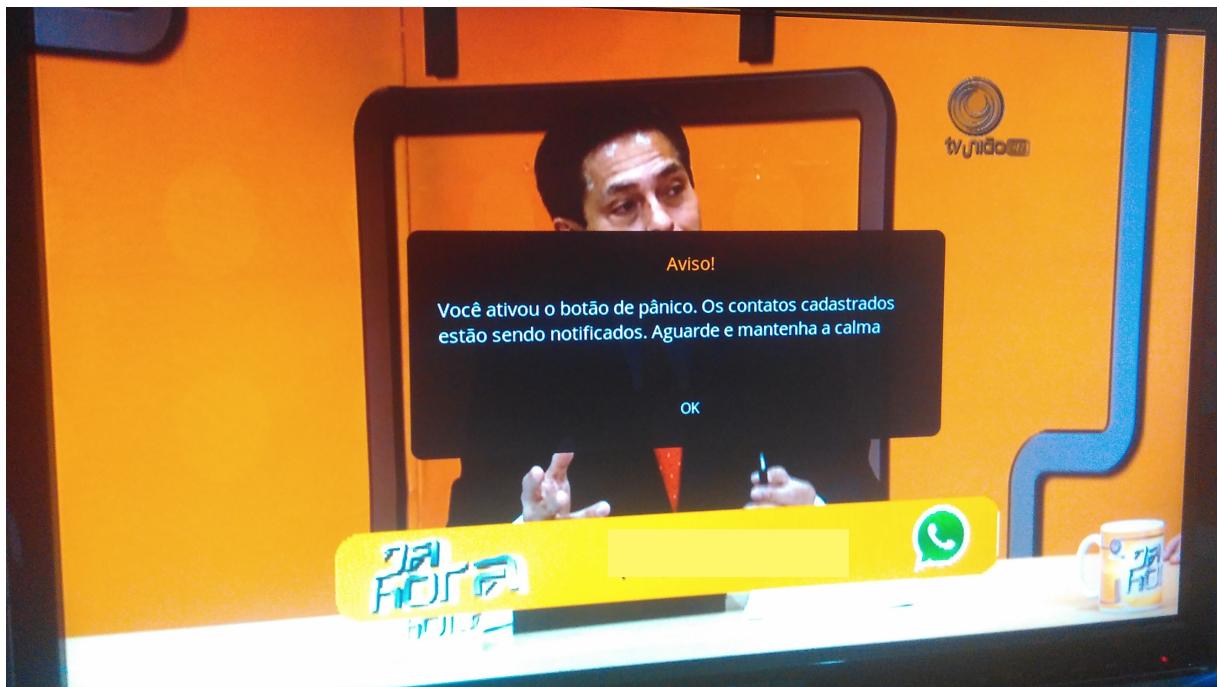
Fonte: Próprio autor.

Figura 26 – Tela principal do módulo *service.dado*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 27 – Aviso para tranquilizar o usuário em situação de emergência.

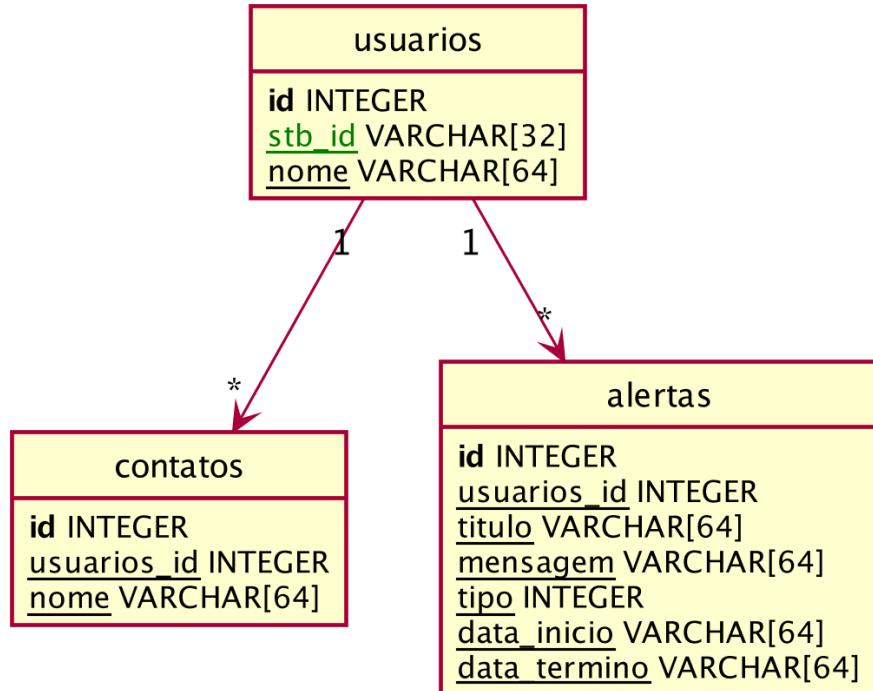


Fonte: Próprio autor.

A.3 Diagramas UML

A.3.1 Módulo *service.notification*

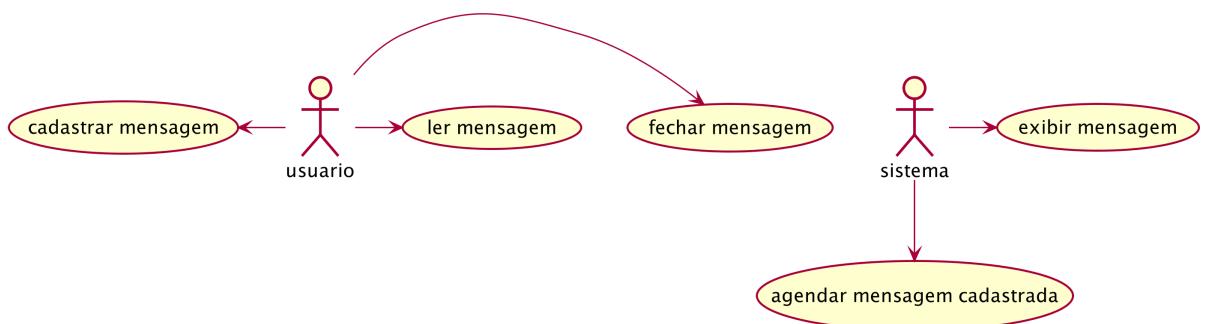
Figura 28 – Diagrama Entidade/Relação para módulo *web*.



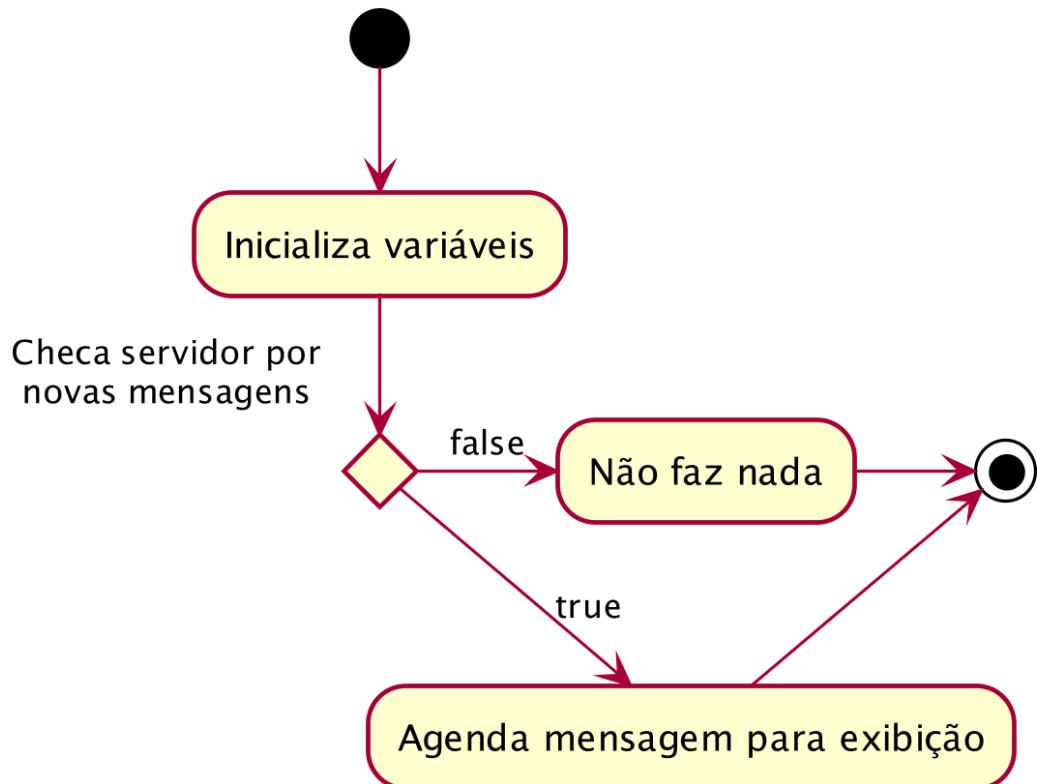
Fonte: Próprio autor.

A.3.2 Módulo *service.notification*

Figura 29 – Diagrama de Caso de Uso para módulo *service.notification*.

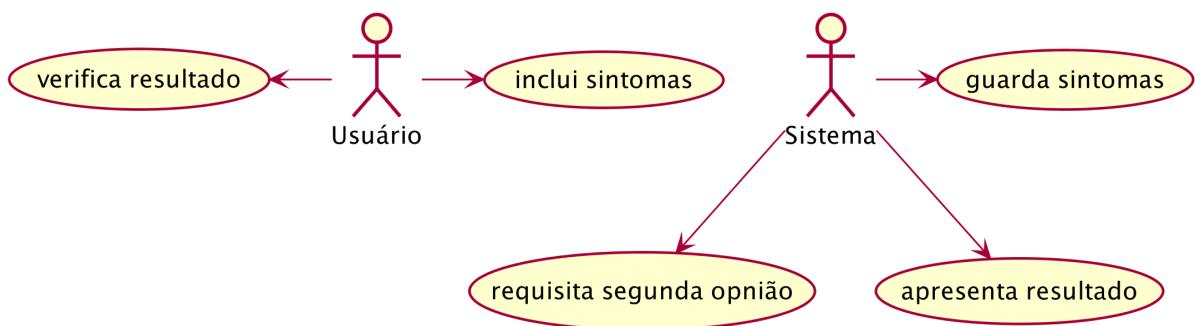


Fonte: Próprio autor.

Figura 30 – Diagrama de Atividades para módulo *service.notification*.

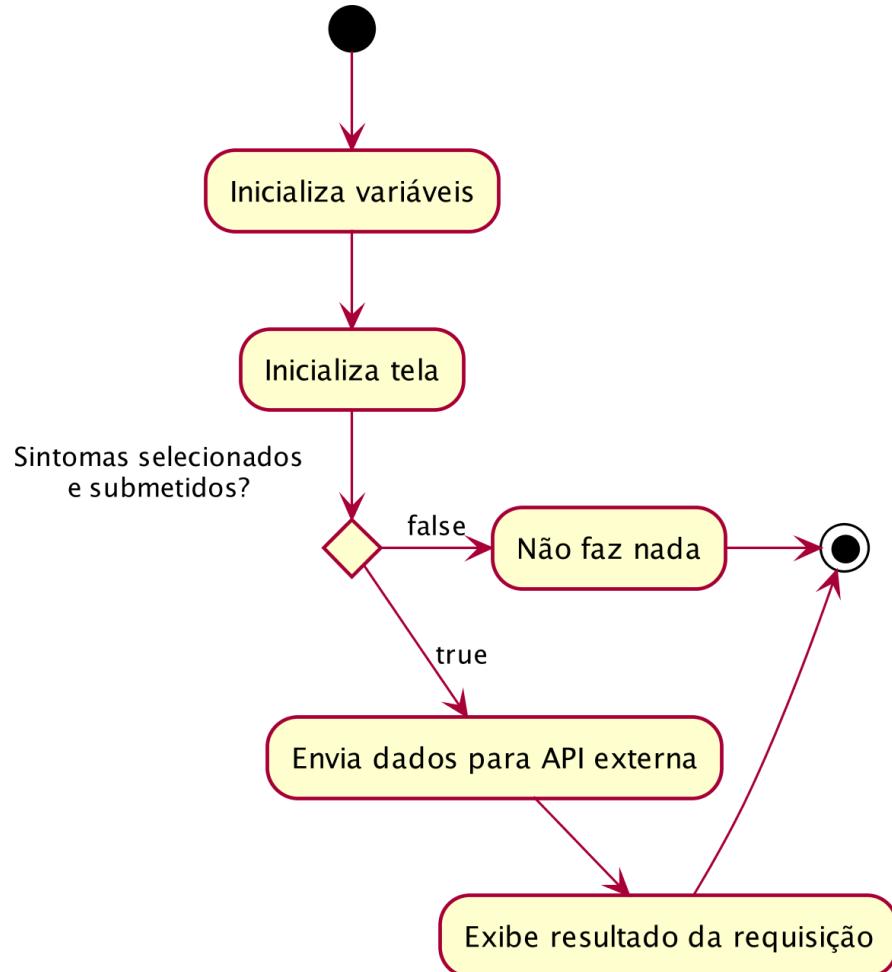
Fonte: Próprio autor.

A.3.3 Módulo *service.dado*

Figura 31 – Diagrama de Caso de Uso para módulo *service.dado*.

Fonte: Próprio autor.

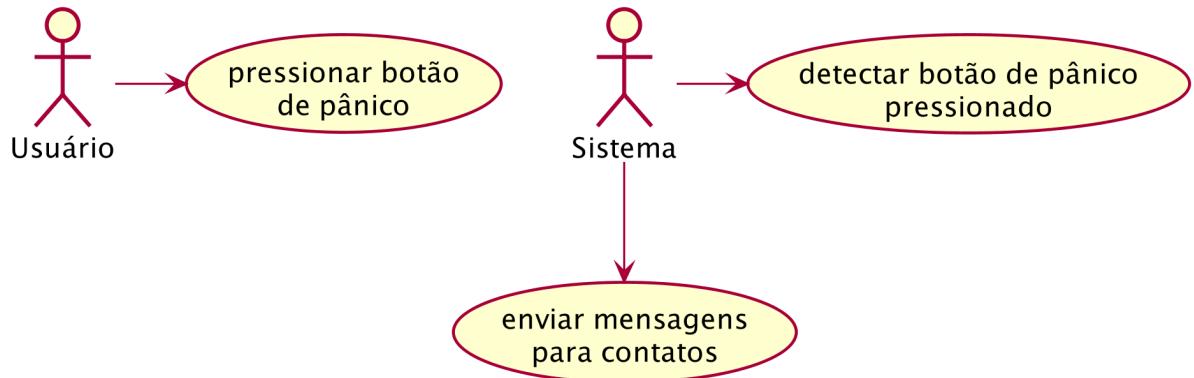
Figura 32 – Diagrama de Atividades para módulo *service.dado*.



Fonte: Próprio autor.

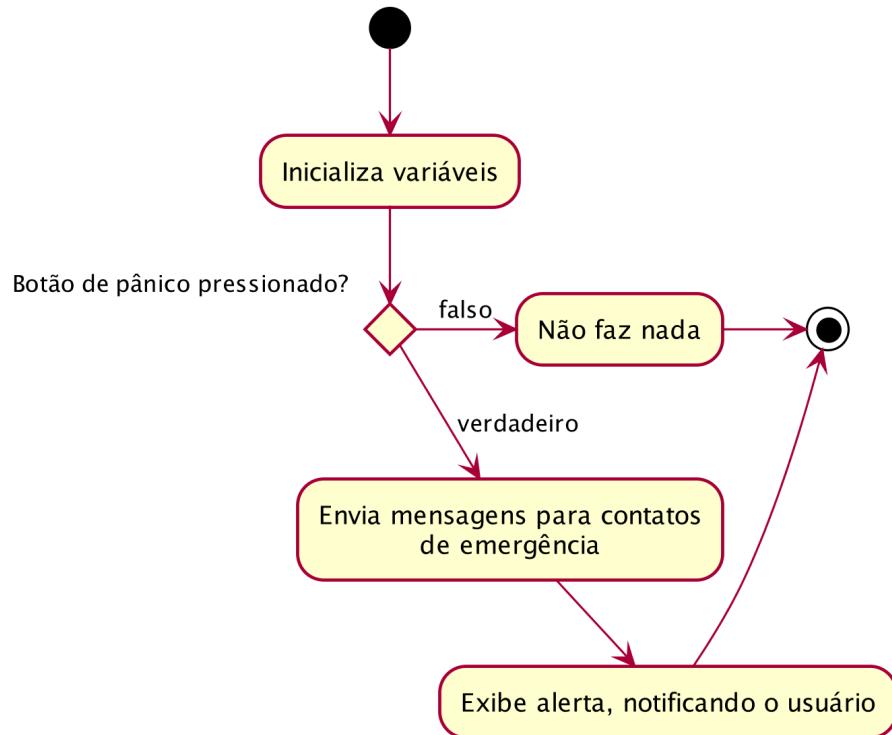
A.3.4 Módulo *service.panicbutton*

Figura 33 – Diagrama de Caso de Uso para módulo *service.panicbutton*.



Fonte: Próprio autor.

Figura 34 – Diagrama de Atividades para módulo *service.panicbutton*.



Fonte: Próprio autor.